



SAVONIA

Suunnittelun lähtötiedot

ANDRITZ Oy

Antti Hakkarainen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka	
Työn tekijä(t) Antti Hakkarainen	
Työn nimi Suunnittelun lähtötiedot	
Päiväys 30.04.2013	Sivumäärä/Liitteet 46+4
Ohjaaja(t) Seppo Ryyänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) ANDRITZ Oy, Veikko Kärkkäinen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota suunnittelun lähtötietomateriaalia ANDRITZ Oy:n KRP-divisioonan laitesuunnitteluosastolle. Lähtötietomateriaalia on tarkoitus käyttää yrityksen sisäisessä suunnittelussa sekä ulkopuolelta ostetussa alihankintasuunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyö oli kolmivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena oli kehittää soodakattilan 0-pistemittausuunnitelma. Toisessa vaiheessa tehtävänä oli suunnitella soodakattilan CE-kilpimalli. Kolmannessa vaiheessa tarkoituksena oli päivittää putkien päittäisliitosohjekuvat.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi jokainen edellä mainittu osa-alue ja tarkastellaan niissä aikaansaatuja tuloksia.</p> <p>Tämän opinnäytetyön lopputuloksena aikaansatiin suunnittelun lähtötietoaineistoa, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää eri projekteissa.</p>	
Avainsanat	
Soodakattila, Suunnittelu, Lähtötiedot, 0-pistemittaus, CE- kilpi, Päittäisliitos, EN, ASME	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Antti Hakkarainen			
Title of Thesis Initial Data for Design			
Date	30.04.2013	Pages/Appendices	46+4
Supervisor(s) Seppo Ryyänen			
Client Organization/Partners ANDRITZ Oy, Veikko Kärkkäinen			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to collect initial data material for design unit of ANDRITZ Ltd. Recovery and Power division. Initial data material can be used in-company design and subcontracting design.</p> <p>This thesis consists of three phases. The objective of the first phase was to develop zero-point measurement plan for recovery boiler. The target of the second phase was to design CE-plate template for recovery boiler. The objective of the last phase was to update tube butt weld instruction drawings.</p> <p>This thesis describes how the initial data materials were made and examines the achieved results.</p> <p>The final result of the thesis was initial data material. These materials will be used in the future projects.</p>			
Keywords			
Recovery boiler, Design, Initial data, Zero-point measurement, CE-plate, Butt weld, EN, ASME			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	ANDRITZ OY	8
2.1	KRP-divisioona	8
3	SOODAKATTILA.....	9
3.1	Mustalipeän poltto soodakattilassa	9
3.2	Soodakattilan rakenne.....	10
3.3	Soodakattilan järjestelmät	10
3.3.1	Polttolipeäjärjestelmä	10
3.3.2	Viherlipesjärjestelmä	12
3.3.3	Ilma- ja savukaasujärjestelmä	13
3.3.4	Vesi- ja höyryjärjestelmä	17
3.3.5	Apupolttoainejärjestelmä	20
3.3.6	Nuohousjärjestelmä.....	21
4	SOODAKATTILAN 0-PISTEMITTAUS.....	22
4.1	Soodakattilan paineenalaisten osien kunnossapito ja tarkastukset.....	22
4.2	0-Pistemittaus	23
4.3	0-pistemittaus suunnitelman kehittäminen	23
5	SOODAKATTILAN CE-KILPIMALLI.....	28
5.1	Painelaitteen tai laitekokonaisuuden CE-merkintä	28
5.2	CE- kilpimallin suunnittelu	33
6	PUTKIEN PÄITTÄISLIITOKSET	37
6.1	Hitsaus	37
6.2	Yleisimmät kaarihitsausprosessit	37
6.2.1	Puikkohitsaus (No.111).....	38
6.2.2	MIG/MAG-hitsaus (No.131/No.135).....	38
6.2.3	MAG-täytelankahitsaus (No.136)	39
6.2.4	Jauhekaarihitsaus (No.12).....	39
6.2.5	TIG-hitsaus (No.141).....	40
6.3	Hitsausrailo ja päittäisliitos	40
6.4	Päittäisliitosohjekuvien päivitys.	41
7	LOPPUTULOKSET	45
	LÄHTEET	46

LIITTEET

Liite 1: NYKYAIKAISEN SOODAKATTILAN RAKENNE

Liite 2: SOODAKATTILAN ALAOSAN 0-PISTEMITTAUS

Liite 3: ESIMERKKI 0-PISTEMITTAUKSEN MITTAUSPÖYTÄKIRJASTA

Liite 4: PAINELAITEDIREKTIIVIN TARKASTUSLAITOKSET

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty ANDRITZ Oy:n Varkauden yksikön KRP-divisioonan laitesuunnitteluosastolle. Työn tavoitteena oli koota lähtötietoaineistoa käytettäväksi talon sisäisessä suunnittelussa sekä ulkopuolelta ostetussa alihankintasuunnittelussa.

Opinnäytetyö alkaa lyhyellä yritysesittelyllä, jossa kerrotaan ANDRITZ Oy:stä ja sen KRP divisioonasta. Seuraavaksi opinnäytetyössä käsitellään ANDRITZ Oy:n päätuotteisiin kuuluvan soodakattilan toimintaa, rakennetta ja järjestelmiä. Tämän jälkeen esitellään työn tuloksena aikaansaadusta lähtötietomateriaalista kolme keskeistä osa-aluetta. Lähtötietomateriaalin kuuluvat Soodakattilan 0-pistemittaus suunnitelman kehittäminen, soodakattilan CE-kilpimallin suunnittelu sekä putkien päittäisliitosohjuevien päivittäminen ajan tasalle. Tämä raportti päättyy selvitykseen työn lopputuloksista.

Tämä opinnäytetyö koostuu kolmesta, toisistaan riippumattomasta osa-alueesta. Ensimmäisenä tavoitteena oli laatia soodakattilan 0-pistemittaus suunnitelma. Suunnitelman teko alkoi selvitysvaiheella, jossa määriteltiin tarpeelliseksi katsotut mittauskohdat. Tässä vaiheessa apuna käytettiin mm. aikaisemmista projekteista koottua materiaalia. Tämän jälkeen luotiin selkeä ohjekuva, joka osoittaa mm. vaaditut mittauspisteet sekä mittauspisteiden numeroinnin. Lopuksi luotiin Excel-pohjainen mittauspöytäkirja, johon saadut mittaus tulokset voidaan kirjata.

Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli suunnitella soodakattilan CE-kilpimalli, jota voitaisiin hyödyntää niissä projekteissa joissa soodakattila on CE-merkittävä. Ensimmäiseksi selvitettiin se, mitä tietoja CE-kilvestä tulee löytyä ja millainen kilven ulkoasu tulee olla. Selvitysten perusteella tehtiin kilpimalli, joka hyväksyttiin ilmoitetun laitoksen toimesta.

Opinnäytetyön kolmannessa ja viimeisessä osassa tehtävänä oli päivittää suunnittelussa käytettävät putkien päittäisliitosten ohjekuvat. Päivitys tehtiin sekä EN- että ASME-projekteissa käytettävien kuvien osalta. Päivitystyö sisälsi mm. hitsausmerkin-
töjen ja viisteiden korjaamista, sekä puuttuvien päittäisliitosdetaljenkuvien lisäämistä.

2 ANDRITZ OY

Kansainväliseen ANDRITZ AG teknologia konserniin kuuluva ANDRITZ Oy on yksi maailman johtavista sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittajista. ANDRITZ Oy:n päätuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, massankäsittely sekä kemikaalien talteenotto. Tämän lisäksi ANDRITZ Oy toimittaa myös biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia. Yhtiön Suomen toimipisteet sijaitsevat Kotkassa, Savonlinnassa, Varkaudessa, Hollolassa ja Tampereella. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Toimitusjohtajana toimii Harry Rickman ja hallituksen puheenjohtajana Wolfgang Leitner. ANDRITZ Oy:n liikevaihto on noin 500 miljoonaa euroa ja se työllistää tytäryhtiöt mukaan lukien yli 1000 henkilöä. ANDRITZ Oy:llä on kolme tytäryhtiötä Savonlinna Works Oy, ANDRITZ Hydro Oy ja Carbona Oy. Savonlinnassa sijaitsevan Savonlinna Works Oy:n toimialana on konepajavalmistus ja koneistus. Sen valmistamia tuotteita ovat mm. DD-pesurit, suodattimet, kuidutusrummut ja paineastiat. Savonlinna Works työllistää hieman yli 140 henkilöä. Tampereella sijaitseva tytäryhtiö ANDRITZ Hydro Oy toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluja vesivoimateollisuudelle. ANDRITZ Hydro Oy työllistää noin 80 henkilöä. Carbona Oy on keskittynyt kaasutusteknologioihin. Sen tuotteita ovat leijukerros- ja kiertopetikaasuttimet. Tampereella sijaitsevassa Carbona Oy:ssä työskentelee 11 henkilöä. Kolmen tytäryhtiön lisäksi ANDRITZ Oy omistaa 50 % Varkaudessa sijaitsevasta Warkaus Works Oy:stä. (ANDRITZ Oy)

2.1 KRP-divisioona

KRP-divisioona toimittaa haihduttamoja sekä sooda- ja voimakattiloita asiakkaille ympäri maailmaa. Divisioonan toiminta on keskittynyt vahvasti Varkauteen, sillä sen reilusta 200 työntekijästä noin 150 työskentelee Varkaudessa. (ANDRITZ Oy)

KRP-divisioonan päätuotteita ovat:

- Kokonaiset talteenottolaitokset
- Haihduttamot
- Soodakattilat
- Voimakattilat
- Bioenergiesysteemit

3 SOODAKATTILA

Soodakattila on osa sulfaattiselluloosan valmistusprosessiin kuuluvaa suljettua kemikaalikiertoa. Sulfaattiselluloosan valmistuksen keittovaiheessa käytetyt kemikaalit muodostavat yhdessä liuenneen puuaineksen kanssa jäteliuoksen. Pesuvaiheessa tämä jäteliemi erotetaan sellumassasta. Pesusuodoksena syntyy laihamustalipeää, joka on suurimmaksi osaksi vettä. Laihamustalipeän sisältämät kemikaalit otetaan talteen ja regeneroidaan. Regeneroinnilla tarkoitetaan aineen uudelleen muodostamista. Sellutehtaan talteenottolinja koostuu haihduttamosta, soodakattilasta ja kaustistamosta. Suljetun kemikaalikierron ansiosta sulfaattiselluloosan valmistuksessa käytettävät kalliit kemikaalit voidaan käyttää uudelleen. Kemikaaleja tarvitseekin tästä syystä lisätä ainoastaan korvaamaan pienempiä hävikkejä. Talteenoton ja regeneroinnin lisäksi soodakattilan tehtäviin kuulua mustalipeän orgaanisten aineiden palamisesta syntyvän lämpöenergian talteenotto. Sulfaattisellutehtaiden kannattavuus perustuu kemikaalien talteenottoon ja niiden uudelleen käyttöön, sekä palamisesta syntyvän lämmön hyödyntämiseen sähköntuotannossa. Sellutehtaat ovat energian suhteen täysin omavaraisia. (KnowPulp)

3.1 Mustalipeän poltto soodakattilassa

Haihduttamossa kuivattuun vahvamustalipeään (kuiva-ainepitoisuus 65-85 %) lisätään tuhkaa soodakattilan savukaasujärjestelmästä. Tuhkan lisäyksen jälkeen puhutaan mustalipeästä tai polttolipeästä. Mustalipeä ruiskutetaan soodakattilan tulipesään kattilan seinillä olevien lipeäruiskujen kautta. Ruiskutuksen ansiosta mustalipeä pisaroituu tasaisesti ympäri kattilan tulipesää. Tavallisesti lipeäpisarat ovat muutamia millimetrin kokoisia. Pisarakoolla on suuri vaikutus soodakattilan toimintaan, sillä oikean kokoisilla pisaroilla on juuri sopivasti aikaa kuivua ja osittain pyrolysoitua putoamismatkan (suuttimesta kattilan pohjalla olevaan kekkoon) aikana. Liian pienet pisarat kulkeutuvat savukaasujen mukana ylöspäin. Pisaroiden kulkeutumista tulistiimiin on pyrittävä minimoimaan, sillä ne takertuvat helposti kattilan lämpöpinnoille aiheuttaen kattilan nopean tukkeutumisen. Lisäksi lipeäpisaran sisältämä rikkivety syövyttää erittäin voimakkaasti tulistinputkia, lyhentäen niiden käyttöikää merkittävästi. (KnowPulp)

Soodakattilan tulipesässä mustalipeän sisältämä vesi haihtuu ja jäljellejäänyt orgaaninen aines palaa. Epäorgaaninen aines puolestaan juoksee sulassa muodossa tulipesän pohjalta sulakourujen kautta liutussäiliöön. (KnowPulp)

Mustalipeän palamisessa soodakattilassa on kolme eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa kattilaan ruiskutetusta lipeäpisarasta haihtuu pois vesi. Pisara toisin sanoen kuivuu. Tämän jälkeen on pyrolyysivaihe, jossa osa orgaanisesta aineksesta hajoaa muodostaen erilaisia kaasumaisia hiilivetyjä ja muita palavia yhdisteitä. Pyrolyysivaiheessa lipeäpisara paisuu tilavuudeltaan 20-30-kertaiseksi. Tämän vaiheen aikana merkittävä osa lipeän sisältämästä rikistä, natriumista ja typestä vapautuu. Sekä kuivumis- että pyrolyysivaihe tapahtuvat suurimmaksi osaksi pisaran pudotessa kattilan pohjalle. Kolmas ja viimeinen palamisvaihe tapahtuu pääsääntöisesti kattilan pohjalla olevassa keossa. Tällöin lipeän sisältämä koksi palaa. Koksin palamisen aikana rikki pelkistyy hiilen vaikutuksesta natriumsulfaatista natriumsulfidiksi. Loppu koksijäännös palaa hapen läsnä ollessa hiilidioksidiksi ja hiilimonoksidiksi. (KnowPulp)

3.2 Soodakattilan rakenne

Liitteessä 1 on esitetty tyypillisen nykyaikaisen soodakattilan rakenne.

3.3 Soodakattilan järjestelmät

Tässä kappaleessa esitellään yleisesti soodakattilan tärkeimpiä teknisiä järjestelmiä. Näitä ovat mm. polttolipeäjärjestelmä, viherlipesjärjestelmä, ilma- ja savukaasujärjestelmä, apupolttolipeäjärjestelmä, nuohousjärjestelmä ja vesi- höyryjärjestelmä.

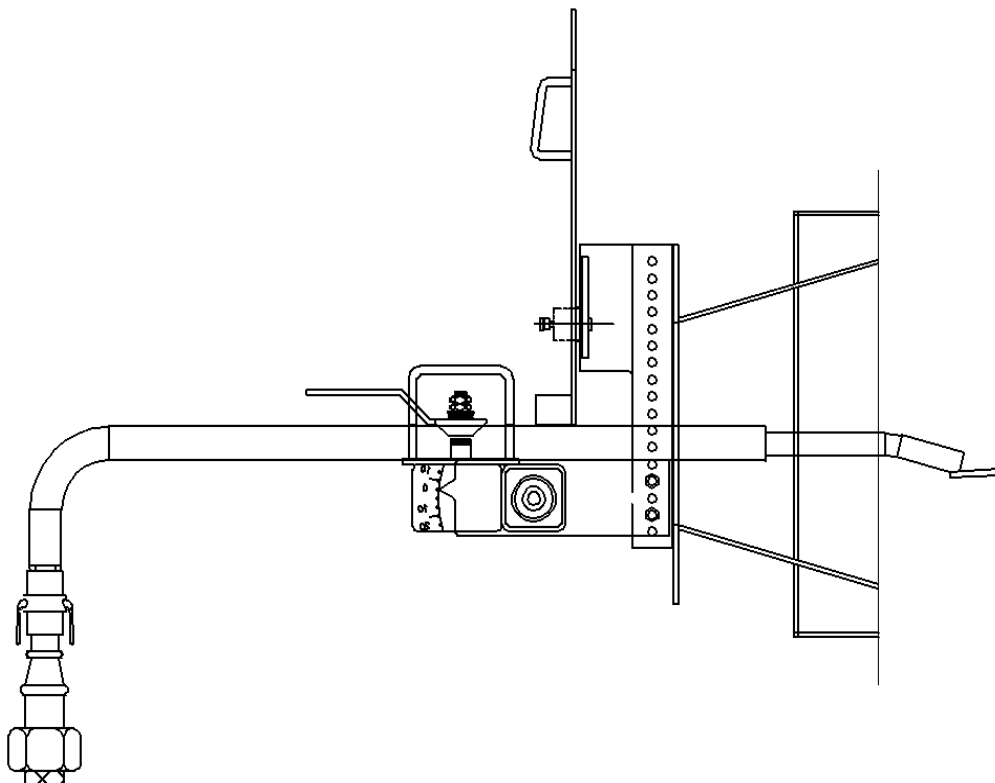
3.3.1 Polttolipeäjärjestelmä

Mustalipeä pumpataan haihduttamolta polttolipeäpumppujen avulla sekoitussäiliöön. Säiliössä lipeään lisätään tuhkaa, jota saadaan soodakattilan tuhkasuppiloista ja sähkösuodattimilta. Mustalipeässä on tuhkaa noin 10 %. Kuuma tuhka sekoitetaan mustalipeään sekoituslaitteiston avulla. Sekoitussäiliössä syntyy hönkäkaasuja, jotka on ehdottomasti poistettava. Yleisin tapa käsitellä sekoitussäiliön hönkäkaasuja on johdtaa ne erilliseen pesuriin. (Lehtinen 2009, 25)

Sekoitussäiliöstä lipeä pumpataan joko suoraan polttoon tai vaihtoehtoisesti takaisin haihuttamolle loppuväkevointiä varten. Soodakattilan lipeäruiskuille menevä lipeä pumpataan sekoitussäiliöstä keskipakopumpun avulla. Yleensä pumppuja on kaksi kappaletta. Toinen pumppaa lipeää ja toinen on varalla mahdollisen vikaantumisen varalta. (Lehtinen 2009, 25-26)

Polttolipeäjärjestelmään kuuluu myös esilämmitin. Esilämmittimien tehtävänä on säilyttää lipeä lämpötilassa, jossa sen viskositeetti on riittävän korkea. Normaali lipeän ruiskutuslämpötila on 115 – 130 °C. Lämpötilalla on suuri vaikutus lipeän pisarakoon ja sitä kautta koko soodakattilan toimintaan. (Lehtinen 2009, 27)

Lämmityksen jälkeen polttolipeä johdetaan soodakattilan tulipesään lipeäruiskujen kautta. Lipeäruiskut sijaitsevat symmetrisesti kattilan seinillä 6-8 metrin korkeudella tulipesänpohjasta. Soodakattilassa käytettävä tyypillinen lipeäruisku on esitetty kuvassa 1. Normaali lipeän ruiskutusaine on 90–150 kPa. Suurissa soodakattiloissa on 12–20 lipeäruiskua. Lipeäruiskujen asentoa muuttamalla voidaan vaikuttaa lipeäpisaroiden lentorataan, joka puolestaan vaikuttaa pisan kuivumisaikaan. (Lehtinen 2009, 28-30)



KUVA 1. Tyypillinen soodakattilan lipeäruisku. (ANDRITZ Oy)

3.3.2 Viherlipeäjärjestelmä

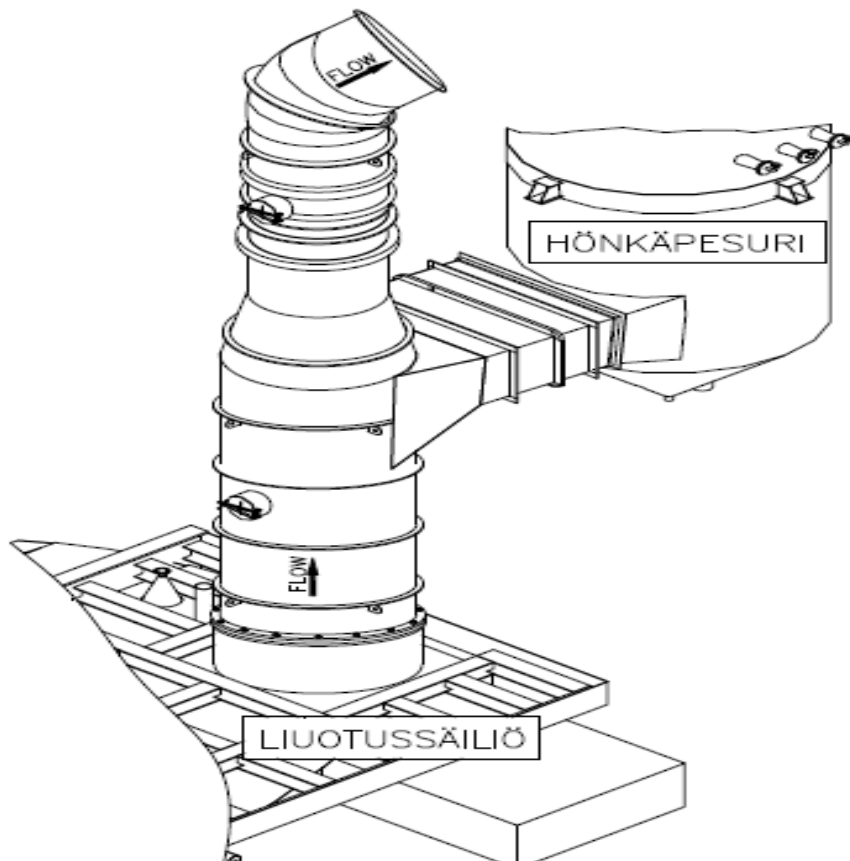
Soodakattilan viherlipeäjärjestelmän laitteisiin kuuluvat sulakourut, liutussäiliö, viherlipeäpumput ja hönkäpesuri.

Soodakattilan sulakourujen tehtävä on johtaa kemikaalisula (lämpötila 800–1000 °C) tulipesän pohjalta liutussäiliöön. Sula syövyttää kourun erittäin nopeasti, mikäli kourun jäähdytys ei ole riittävän tehokasta. Soodakattilan sulakourut ovatkin vesijäähdyhteisiä. Yleensä sooda-kattilassa on sulakouruja kolmesta yhdeksään kappaletta. Liutussäiliössä aiheutuvaa paukkumista pyritään vähentämään hajottamalla sulakourussa kulkevaa kemikaalisulaa höyrysuihkulla. (Lehtinen 2009, 36)

Soodakattilan liutussäiliön sisäpuoli on yleensä vuorattu betonilla. Betoni toimii hyvänä äänieristyksenä. Äänieristystä tarvitaan, koska liuottimeen juokseva sula aiheuttaa hajotuksesta huolimatta nesteeseen tunkeutuessaan pieniä räjähdyksiä. Sula liutetaan säiliöön johdettuun heikkovalkolipeään, jolloin syntyy viherlipeää. Liuoksen sisältämät suolat pyrkivät saostumaan säiliön pohjalle. Tästä syystä liutussäiliössä käytetään vaaka- tai pystyaksellisia sekoittimia. (Lehtinen 2009, 33)

Viherlipeänkuljetuslinjoja on yleensä kaksi kappaletta. Toinen linja kuljettaa viherlipeää kaustisointiin ja toinen puolestaan tuo kaustistamolta heikkovalkolipeää liutussäiliölle. Linjoja vaihdetaan välillä päittäin viherlipeälinjan tukkeutumistaipumuksen takia. Viherlipeäpumput pumppaavat siis joko viherlipeää tai heikkovalkolipeää. Viherlipeäpumput ovat erikoisrakenteisia keskipakopumppuja. Pumput ja putkistot varustettujen valmistetaan haponkestävästä teräksestä. (Lehtinen 2009, 33)

Kemikaalisulan sekoituessa heikkovalkolipeään syntyy liutussäiliössä hönkää (lipeän sisältämä vesi höyrystyy). Hönkä sisältää mm. kiintoainesta ja rikkivety-yhdisteitä. Hönkä imetään puhaltimella hönkäpesuriin, jossa epäpuhtaudet pestään pois. Nykyisin on tavallista, että hönkä johdetaan polttoon. Tällöin siitä haihdutetaan pois ylimääräinen kosteus. Pesurin pohjalle kasaantuva sakka poistetaan pohjaventtiilin kautta säännöllisin väliajoin. Pesuliuksella pesty puhdas hönkä johdetaan hönkäpesurista joko kattilan polttoilmajärjestelmään tai vaihtoehtoisesti hönkätorven kautta laitoksen katolle tai savupiippuun. Kuvassa 2 on esitetty liutussäiliön ja hönkäpesurin yhdistävä kanava. (Lehtinen 2009, 35)



KUVA 2. Liuotussäiliön ja hönkäpesurin välinen kanava. (ANDRITZ Oy)

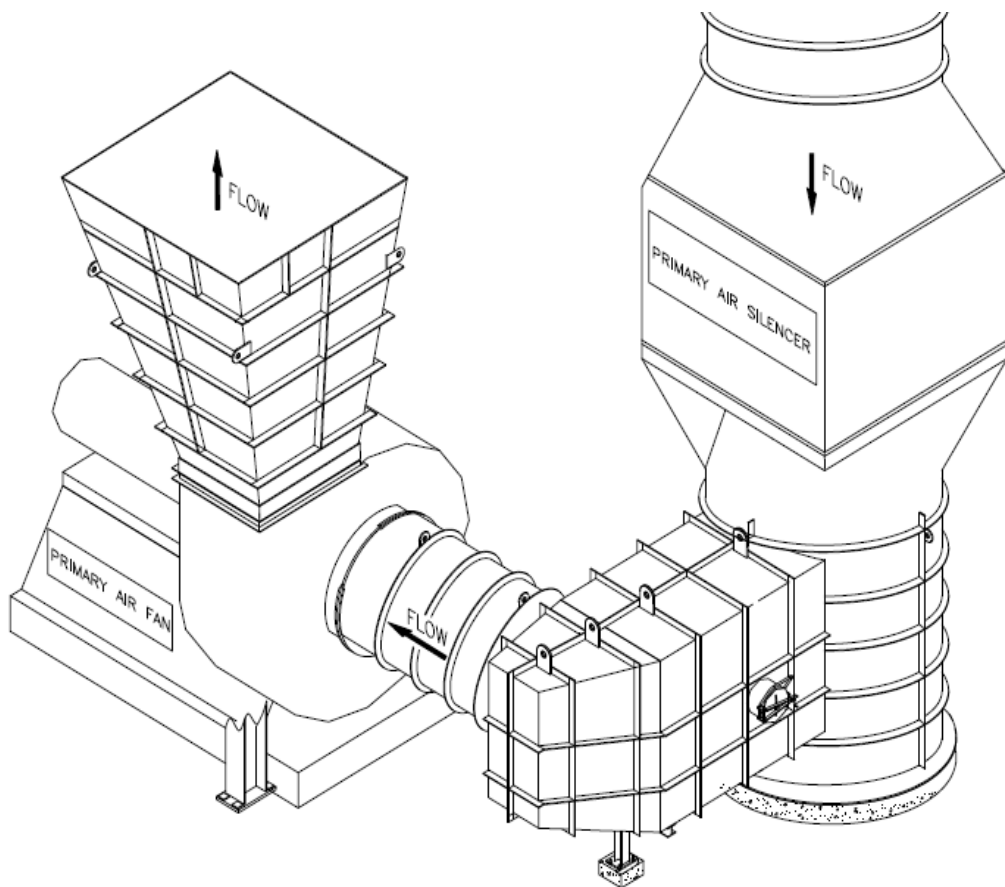
3.3.3 Ilma- ja savukaasujärjestelmä

Soodakattilan palamisilma imetään tavallisesti kattilarakennuksen yläosasta ja/tai ulkoilmasta. Palamisilma johdetaan tulipesään primääri-, sekundääri- ja tertiääri- ilmajärjestelmien kautta. Kylmissä olosuhteissa ulkoilmanotto-kanava varustetaan ilmanesilämmittimellä. (Lehtinen 2009, 42)

Primääri-ilman osuus kattilan kokonaisilmasta on 25–40 %. Primääri-ilman määrä riippuu kattilan kuormasta. Kattilan kuorman ollessa suuri, käytetään pienempää primääri-ilman osuutta. Tulipesän alaosaan luodaan redusoiva vyöhyke, johon syötetään vain osa lipeän palamiseen tarvittavasta ilmasta. Ilmaa on oltava kuitenkin riittävästi palamisen ylläpitämiseen. Mikäli ilmaa on liian vähän, palaminen heikkenee ja tulipesän pohjan keko alkaa kasvaa. Liian suuri ilman määrä puolestaan jäähdyttää kekoa, mikä huonontaa reduktioastetta. Liian suuri primääri-ilman määrä saattaa polttaa keon pois ilma-aukkojen edestä. Primääri-ilman paineella säädetään keon muotoa kattilan seinien lähellä. Näin keko pidetään pois tulipesän seiniltä ja sulakouruilta. Oikea primääri-ilman paine ja määrä sekä näiden yhdessä kattilan säätöpeltien

asennon kanssa tuottama virtausnopeus saavat keon alkamaan halutusta kohdasta. Keon on tarkoitus alkaa primääri-ilma-aukkojen alareunasta ja nousta siitä tasaisesti kohti tulipesän keskustaa. Normaali primääri-ilman paine on 0.8-1.2 kPa. (Lehtinen 2009, 43-44)

Primääri-ilma syötetään tulipesään primääri-ilmapuhaltimella. Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen soodakattilassa käytettävä primääri-ilmapuhallin. Puhaltimen kierroslukua muuttamalla voidaan säätää joko painetta tai virtausta ilmanavassa. Mikäli puhallin on virtaussäädöllä, säädetään ilman painetta ilmasuuttimilla. Jos puhallin taas säätää painetta, tapahtuu virtaussäätö säätöpeltien avulla. Primääri-ilmanavassa kulkevaa Ilmamäärä mitataan ventuureilla. Primääri-ilmajärjestelmä varustetaan ilman esilämmittimellä, sillä yleisesti ottaen korkeampi primääri-ilman lämpötila auttaa keon palamisen ylläpitämisessä. Primääri-ilma syötetään tulipesään primääri-ilmasuuttimien kautta. Primäärisuuttimet sijoitetaan tasaisesti kattilan kaikille seinille. (Lehtinen 2009, 44-45)



KUVA 3. Soodakattilan primääri-ilmapuhallin ja osa ilmanavaa. (ANDRITZ Oy)

Sekundääri-ilmaa käytetään säätämään keon korkeutta ja palamisen voimakkuutta. Sääto tapahtuu muuttamalla sekundääri-ilman painetta, määrää ja lämpötilaa. Sekundääri-ilman osuus kattilan kokonaisilmasta on kuormasta riippuen 45–60 %. Suurilla kuormilla käytetään alhaisempaa sekundääri-ilman osuutta, koska tällöin tertiääri-ilman osuus on suuri. Pienillä kuormilla tertiääri-ilma on pois käytöstä, jolloin sekundääri-ilman osuus on puolestaan korkeampi. Sekundääri-ilman osuuden ollessa liian pieni, tulipesä ei saa palamiseen tarvittavaa ilmaa lipeäruiskutason alapuolelle, jolloin palaminen siirtyy ylemmäksi tulipesässä. Mikäli sekundääri-ilman osuus on liian suuri, kaikki ilma ei ehdi kulua palamiseen ennen tertiääri-ilmatasoa. Ylimääräisellä ilmalla on jäähdyttävä vaikutus ja lisäksi lisääntynyt kaasumäärä nostaa ylöspäin suuntautuvaa kaasun nopeutta tulipesässä. Sekundääri-ilman paineen ollessa oikean suuruisen, savukaasut sekoittuvat tehokkaasti ja palaminen on voimakasta tulipesän alaosassa. Tällöin myös keon korkeus pysyy oikeana (huippu on keskellä pesää, sekundääri-ilmatason alapuolella). Kuumien vyöhyke on tällöin keon yläpuolella sekundääri-ilmatason ja lipeäruiskutason välissä. Sekundääri-ilman paineen normaali käyttöalue on 3.5–5.0 kPa. (Lehtinen 2009, 46-47)

Sekundääri-ilma syötetään tulipesään sekundääri-ilmapuhaltimella. Sekundääri-ilmapuhaltimen kierroslukua muuttamalla säädetään joko painetta tai virtausta ilmapuhaltimen kanavassa. Jos puhallin on virtaussäädöllä, säädetään ilman painetta ilmasuuttimilla. Jos puhallin taas säätää painetta, niin virtaussäätö tapahtuu kattilan säätöpeltien avulla. Kanavan ilmamäärä mitataan ventuureilla. Jos kattilassa on väkevien hajukaasujen poltin, tuotetaan myös sen tarvitsema ilma sekundääri-ilmapuhaltimella. Ilma otetaan sekundääri-ilman rengaskanavasta, koska väkevien hajukaasujen poltin sijaitsee sekundääri-ilmatasolla. Kuten primääri-ilmajärjestelmäkin, myös sekundääri-ilmajärjestelmä varustetaan ilman esilämmittimellä, jolla ilman lämpötila nostetaan 120–150°C:seen. Perinteisessä ilmanjakomallissa sekundääri-ilma syötetään tulipesään kaikille seinille sijoitettujen sekundääri-ilmasuuttimien kautta. Uusimmissa soodakattiloissa käytetään nk. vertikaali-ilmajärjestelmää, jossa sekundääri-ilma puhalletaan tulipesään kattilan etu- ja takaseiniltä. Vertikaali-ilmajärjestelmässä ilmasuuttimet sijoitetaan kahdesta kolmeen eri tasoon. (Lehtinen 2009, 47-48)

Kattilan tertiääri-ilmaa käytetään palamisen loppuun saattamiseen ja savukaasun happipitoisuuden säätämiseen. Kuormasta riippuen tertiääri-ilman osuus on 0-30 %. Tertiääri-ilmataso otetaan käyttöön vasta kun kattilan kuorma on riittävän suuri eli noin 70 %: maksimi kuormasta. Kattilan kuorman ollessa suuri, tertiääri-ilmatason yhteenlaskettu ilmaosuus nostetaan 15–30 %:iin kokonaisilmamäärästä. Tertiääri-

ilmanpaineen normaali käyttöalue on 4.5–6.0 kPa. Paineen ollessa liian alhainen, ilma ei tunkeudu tulipesässä tarpeeksi syvälle. Tällöin ilma ei sekoitu riittävän hyvin savukaasun kanssa. Huonosta sekoittumisesta johtuen savukaasussa voi tällöin olla vielä palamattomia kaasuja. Aivan kuten primääri- ja sekundääri-ilmallekin on myös tertiääri-ilmalle oma puhallin. Tertiääri-ilma imetään kattilahuoneesta ja sen määrää mitataan paine- tai imupuolen venturilla. Tertiääri-ilmajärjestelmää ei tavallisesti varusteta ilman esilämmittimellä. Tertiääri-ilmajärjestelmässä tertiäärisuuttimet järjestetään ns. vertikaali-ilmajärjestelmän mukaisesti, eli ne sijoitetaan kattilan etu- ja takaseinälle kahdesta kolmeen eri tasoon. (Lehtinen 2009, 49)

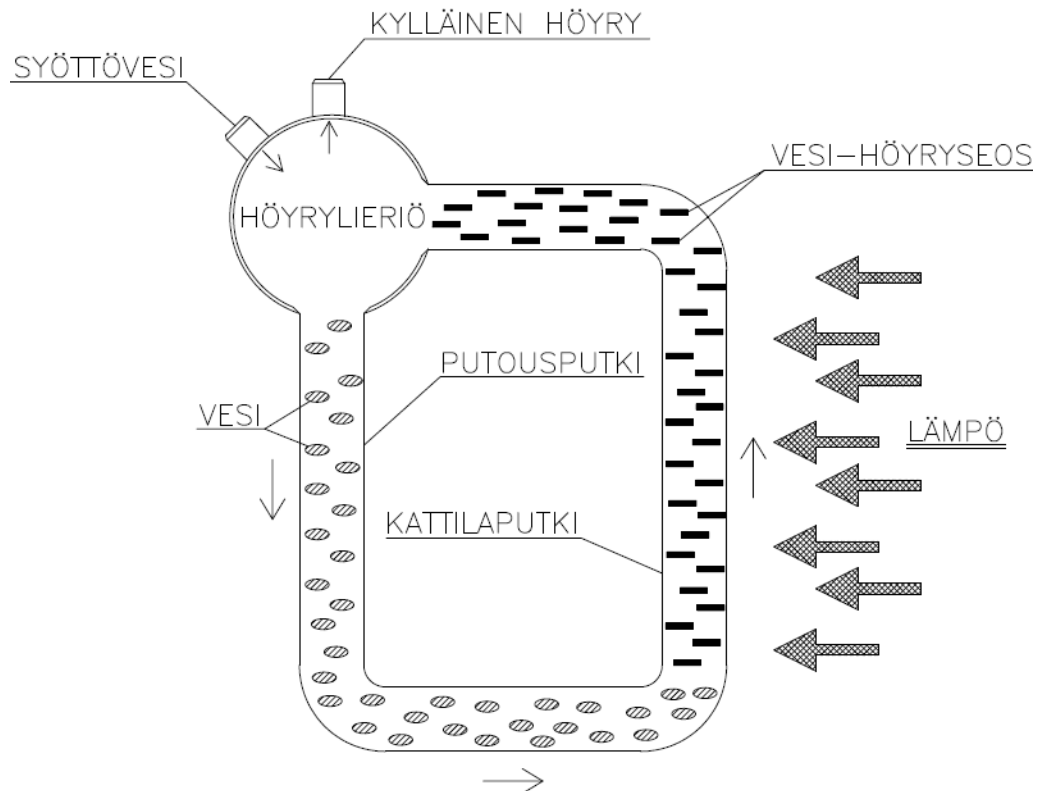
Haihduttamolta, kuitulinjalta samoin kuin liuotus- ja sekoitussäiliöiltä tulevat rikkivetyyhdisteitä sisältävät kylläiset laimeat hajukaasut johdetaan nykyään yleensä soodakattilaan poltettavaksi. Laimea hajukaasu sisältää runsaasti happea ja sillä voidaan kin korvata osa kattilan palamisilmasta. Kaasuja on esilämmitettävä, koska laimea hajukaasu sisältää normaalia palamisilmaa huomattavasti enemmän kosteutta. Laimeat hajukaasut lämmitetään joko ennen muuhun polttoilmaan sekoittamista ja/tai yhdessä sen kanssa. Laimeat hajukaasut voidaan syöttää tulipesään joko sekundääri- tai tertiääri-ilmajärjestelmän kautta riippuen kulloisistakin päästövaatimuksista. Laimeiden hajukaasujen kanavat on suunniteltava laskulla kattilasta poispäin, jotta lauhteen pääsy tulipesään estyy. Koska laimeaa hajukaasua ei välttämättä tule kaikissa tilanteissa tarpeeksi, varustetaan laimean hajukaasun linja ns. varailmayhteellä. Sen kautta saadaan imettyä puhdasta lisäilmaa hajukaasun sekaan. Varailmayhteet varustetaan säätöpelleillä. Varailmayhteen ilma otetaan yleensä kattilarakennuksen ulkopuolelta, estäen näin hajukaasujen mahdollinen vuoto kattilarakennukseen. Laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmä varustetaan sulkuventtiilillä. Sulkuventtiilin ollessa kiinni laimeat hajukaasut ohjataan varajärjestelmään (yleensä piippuun menevään linja). Sulkuventtiili ollessa auki laimeat hajukaasut ohjataan soodakattilalle. (Lehtinen 2009, 50-51)

Palamisessa syntyvät savukaasut imetään savukaasupuhaltimilla ulos kattilasta. Savukaasut kulkevat sähkösuodattimien kautta edelleen savupiippuun ja ulkoilmaan. Kattilan savukaasupuhaltimet sijaitsevat sähkösuodatinkammioiden jälkeen. Tulipesän vedon eli paineensäätö tapahtuu savukaasupuhaltimien pyörimisnopeutta säätämällä. Jos savukaasujen loppulämpötila on riittävän korkea, on järkevää pyrkiä hyödyntämään se mm. veden tai palamisilman esilämmityksessä. Soodakattilan savukaasujäähdyttimet sijoitetaan sähkösuotimen jälkeisiin savukaasukanaviin ennen savukaasupuhaltimia. Sähkösuotimen suodatinkammiossa pöly erotetaan kaasusta

voimakkaasti ionisoidun sähköisen kentän avulla. Erotettu pöly ravistetaan elektrodi-järjestelmästä ravistuslaitteilla. Pöly putoaa suodattimen pohjalle, josta se kuljetetaan edelleen poikittaiskuljettimelle ja siitä edelleen sulkusyöttimen kautta tärysihdille ja sekoitussäiliöön. Ekonomaisereiden ja keittopintaosan suppiloihin kertynyt tuhka siirretään kolakuljettimilla sulkusyöttimille. Ne syöttävät tuhkan edelleen kokoojakuljettimelle, joka kuljettaa tuhkan edelleen sekoitussäiliöön. (Lehtinen 2009, 52-54)

3.3.4 Vesi- ja höyryjärjestelmä

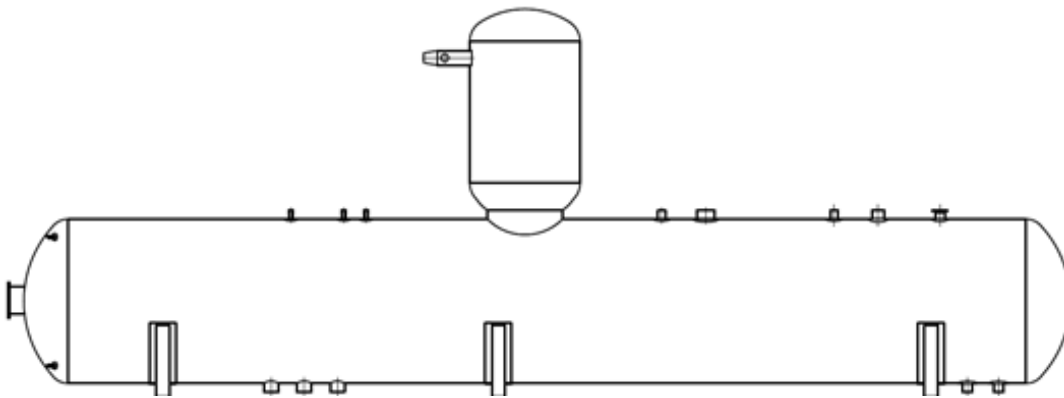
Vesi- ja höyryjärjestelmän tehtävänä on ottaa talteen mustalipeän poltossa syntyvä lämpöenergia sekä jäähdyttää kattilan kuumimpia osia. Poltossa vapautuvan lämpöenergian avulla höyrystetään vettä sekä korotetaan muodostuneen höyryn lämpötilaa ja painetta. Syntyneestä tulistetusta höyrystä saadaan turbiinin avulla tuotettua sähköä. Turbiinin jälkeen jäähtynyttä matalapainehöyryä, käytetään mm. haihduttamalla ja valkaisulinjalla. Soodakattila on toiminnaltaan ns. luonnonkiertokattila, jossa putousputkien veden ja kattilan seinäputkien höyry-vesiseoksen välinen ominaispainoero saa aikaan kattilan vesikierron. Kuvassa 4 on esitetty Soodakattilan vesi-höyryjärjestelmän toimintaperiaate. (KnowPulp)



KUVA 4. Soodakattilan vesi- ja höyryjärjestelmän toimintaperiaate. (ANDRITZ Oy)

Suuri osa soodakattilan vesijärjestelmän syöttövedestä saadaan takaisin lauhteina. Lisävettä tarvitaankin vain korvaamaan ns. lauhdetappioita. Soodakattilan vesijärjestelmän toiminta asettaa tarkkoja vaatimuksia kattilassa käytettävän veden laadulle. Yleensä käytettävä vesi puhdistetaan ensin raakaveden esikäsittelyssä, jossa siitä poistetaan kaikki karkeat epäpuhtaudet. Tämän lisäksi vedestä poistetaan suolat ioninvaihtimien avulla. Vedessä olevista kaasuista happi ja hiilidioksidi ovat kattilaa ja lauhdejärjestelmää syövyttäviä aineita, joten myös ne täytyy poistaa. Liuenneet kaasut (happi ja hiilidioksidi) erotetaan kaasunpoistimessa. Happi poistetaan kuumentamalla vettä matalapainehöyryllä. Jotta voidaan olla varmoja riittävän hyvästä hapenpoistosta, käytetään jäljelle jääneen hapen poistoon myös kemikaaleja (azamiinia tai hydratsiinia). (Lehtinen 2009, 3)

Lämmönsiirtimiltä tulleet puhtaat lauhteet sekä puhdistettu lisävesi johdetaan syöttövesisäiliölle. Kuvassa 5 on esitetty tyypillinen soodakattilan syöttövesisäiliö. Vesi säilytetään syöttövesisäiliössä kiehumispisteessä. Lämpötila on säiliön paineesta riippuen 110–140 °C. Ilmanpainetta korkeamman paineen johdosta, vesi ei kuitenkaan kiehu syöttövesisäiliössä. (Lehtinen 2009, 3)



KUVA 5. Tyypillinen soodakattilan syöttövesisäiliö. (ANDRITZ Oy)

Syöttövesisäiliöstä lähtevä vesi johdetaan syöttöveden esilämmittimelle eli ekonomaiserille, jossa vesi kuumennetaan lähelle kattilan käyttöpainetta vastaavaa lämpötilaa. Lämpötila ei kuitenkaan saa missään vaiheessa saavuttaa käyttöpainetta vastaavaa kiehumispistettä, vaan se pyritään pitämään noin 20 °C alle kyseisen lämpötilan. Veden lämpötilan nousu saadaan aikaan soodakattilasta poistuvan kuumen savukaasun avulla. Ekonomaiserilta syöttövesi virtaa höyrylieriöön joko suoraan tai niin kutsutun dolezal lauhduttimen kautta. Dolezal lauhdutin on tavallinen U-putkilämmönsiirrin. Siinä lieriöstä johdettu kylläinen höyry lauhdutetaan syöttövedellä. Syntynyttä kylläistä lauhdetta käytetään tulistetun höyryn lämpötilan säätöön.

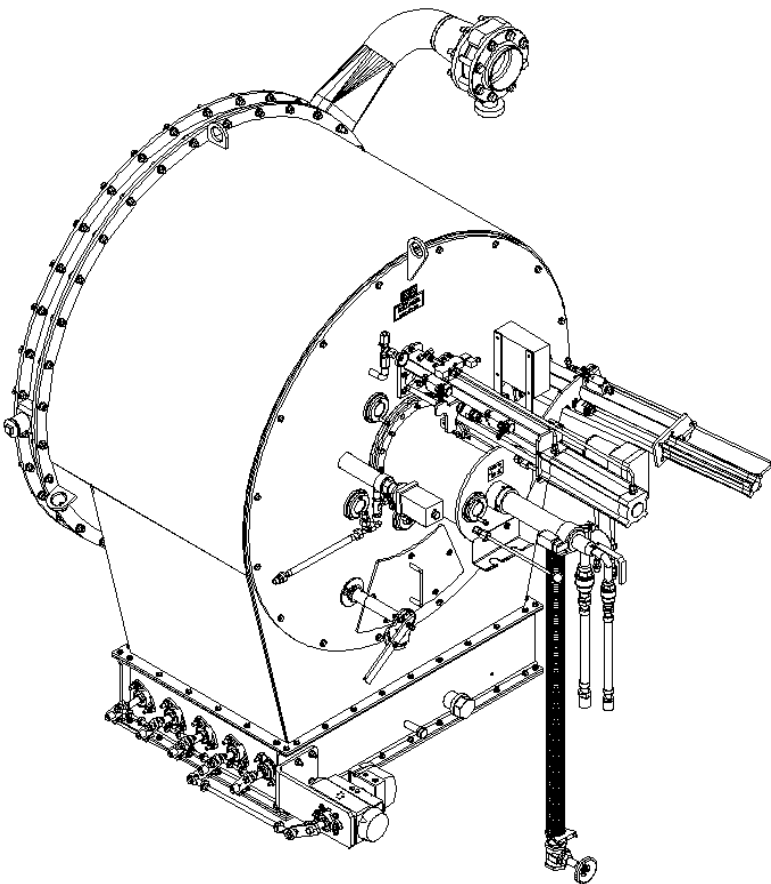
Nykyään syöttöveden laatu on pääsääntöisesti riittävän hyvää höyrynjäähdytykseen, jolloin dolezialia ei enää tarvita. (Lehtinen 2009, 8)

Höyrylieriöstä syöttöveden se osuus mikä ei ole höyrystynyt, kulkee kattilan pääputousputkia pitkin tulipesän pohjalle. Pääputousputket lähtevät lieriön pohjasta ja kulkevat kattilan ulkopuolella tulipesän alla olevaan pääjakokammioon. Pääjakokammion vesi jakautuu tulipesän pohjaputkille ja sivuseinien jakokammioille. Soodakattilan etu- ja takaseinä muodostuu tulipesän pohjan putkista. Palamisesta aiheutuvan lämmön ansiosta vesi höyrystyy tulipesän seinäputkissa, joista höyry nousee sivuseinien kokoojakammioiden, etuseinän/katon kokoojakammion sekä takaseinän kokoojakammion kautta hilaputkiston kokoojakammioon. Tämän jälkeen vesi-höyryseos johdetaan edelleen yläkiertoputkiston kautta takaisin lieriöön. Samankaltainen veden höyrystyminen tapahtuu savukaasujen sisältämän lämmön vaikutuksesta keittopinta-putkistossa ja mahdollisessa verhoputkistossa. Molemmilla putkistoilla on omat las kuputket ja pääjakokammio. Vesi-höyryseos palautuu paneelien kokoojakammioiden kautta pääkokoojakammioon ja edelleen yläkiertoputkien kautta takaisin lieriöön. Höyrylieriössä vesi erotetaan höyrystä. Höyry johdetaan tulistimille kun taas vesi puolestaan kulkee putousputkia pitkin takaisin kattilan pohjalle ja sitä kautta uudelle kierokselle. (Lehtinen 2009, 11-12)

Tulistimet nostavat kylläisen höyryn lämpötilan ja paineen turbiinin vaatimalle tasolle. Tulistimien välissä olevilla höyrynjäähdyttimillä höyryn lämpötila voidaan pitää vakiona. Samalla voidaan estää tiettyjen tulistinosien haitallinen ylikuumeneminen. Höyrynjäähdytys suoritetaan ruiskujäähdytyksenä. Jäähdytykseen käytettävä vesi on joko syöttövettä tai lauhdetta dolezialilta. Mikäli jäähdytyksessä käytetään syöttövettä, on veden oltava ehdottomasti happivapaata. Lisäksi vieraiden aineiden pitoisuusvaatimukset on oltava vähintään vastaavat kuin kylläisellä höyryllä. Höyryn lämpötilaa tulistimilla on rajoitettava, koska savukaasujen sisältämä natriumsulfaatti alkaa sulaa ja takertua tulistimen pinnoille, mikäli lämpötila on liian korkea. Rajana on yleisesti pidetty +480 °C. Tulistimilta korkeapainehöyry virtaa päähöyrylinjaa pitkin turbiinille. Osa korkeapainehöyrystä käytetään kattilan nuohoukseen. (Lehtinen 2009, 13-14)

3.3.5 Apupolttoainejärjestelmä

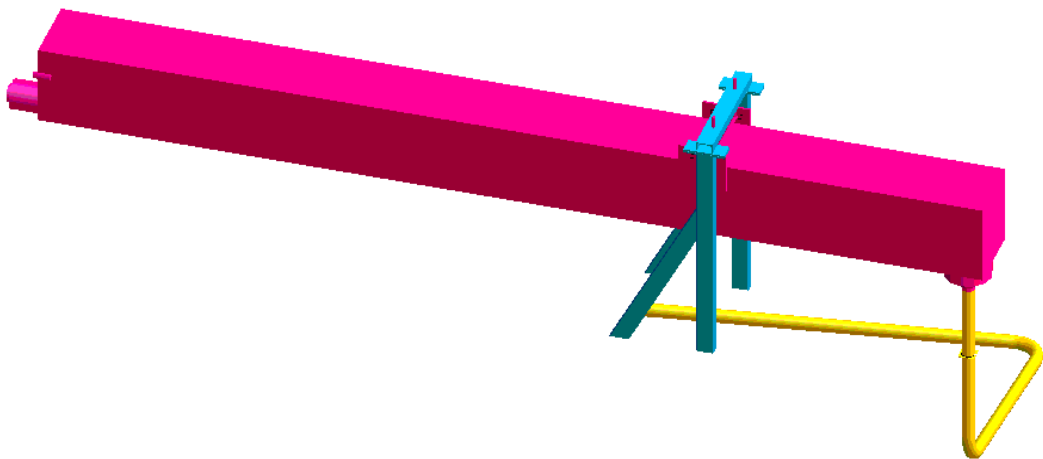
Normaalisti apupolttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä. Muita soveltuvia apupolttoaineita ovat maakaasu ja kevyt polttoöljy. Apupolttoainetta käytetään kattilan ylösajossa (käynnistyksessä), alasajossa (sammuttamisessa) ja mahdollisissa häiriötilanteissa. Apupolttoainejärjestelmä sisältää pumppausaseman pumppuineen ja esilämmittimineen sekä vaadittavat putkistot ja polttimet. Soodakattiloissa käytetään kolmenlaisia polttimia. Kuormapolttimien tarkoitus on lisätä höyryntuottoa. Niitä voidaan käyttää sekä yksin että lisäpolttona tukena. Tyypillinen soodakattilan kuormapoltin on esitetty kuvassa 6. Käynnistyspolttimia käytetään kattilan lämmityksessä, lipeäpolttona tukena, keon muotoilussa sekä loppuun poltossa. Väkevien hajukaasujen polttimella poltetaan nimensä mukaisesti prosessissa syntyviä väkeviä hajukaasuja. Hajukaasupolttimella voidaan polttaa myös metanolia. Nykyisten määräysten mukaan uusien ja peruskorjattujen kattiloiden kaikissa polttimissa on oltava ns. liekinvartijalaitteet. Niiden tehtävänä on sulkea polttoaineen tulo automaattisesti, mikäli polttimen liekki jostakin syystä sammuu. (Lehtinen 2009, 38-41)



KUVA 6. Soodakattilassa käytettävä kuormapoltin. (ANDRITZ Oy)

3.3.6 Nuohousjärjestelmä

Mustalipeän poltosta vapautuu mm. natriumsulfaattia, joka aiheuttaa kattilan lämpöpintojen likaantumista ja savukaasusolien tukkeutumista. Lika ja tukkeumat aiheuttavat kattilan lämpötalouden heikkenemistä, sähkönkulutuksen kasvamista, lämpöpintojen välisen lämmönsiirtojakautuma muuttumista sekä vinokuormittumista. Soodakattilan likaantuneiden lämpöpintojen puhdistuksessa käytettävät nuohoimet ovat malliltaan kokonaan ulosvedettäviä. Nuohoimet ovat nivelellisten kannattamien varassa, jotta ne pystyvät myötäilemään kattilan lämpöliikkeitä. Tarvittava nuohoushöyry saadaan joko primääritulistimen kokoojakammista tai vaihtoehtoisesti turbiinin väliotosta. Nuohointen käyttöpaine on tavallisesti 18–24 bar. Höyrynuohoimet sijaitsevat kattilan sivuseinillä ja niitä yhdistää nuohoushöyrylinja. Lämpötilan valvonnan avulla varmistutaan siitä, että nuohoushöyry säilyy tulistettuna. Tällöin ei synny lauhdetta ja kattilaan ei pääse vettä. Mikäli höyryn lämpötila jostain syystä kuitenkin laskee, pääsee nuohoushöyrylinjaan muodostumaan lauhdetta. Syntynyt lauhde on ehdottomasti poistettava. Nuohoushöyrylinja varustetaankin automaattisilla lauhteenpoistimilla. Kattilan nuohoimia voidaan käyttää myös huoltoseisokin yhteydessä tehtävässä vesipesussa. Pesuvetenä käytetään tavallisesti kattilan syöttövetä. Ennen pesun aloittamista on kattilan annettava jäähtyä noin 15–20 tuntia. Kuvassa 7 on tyypillinen soodakattilan kokonaan ulosvedettävä höyrynuohoin. (Lehtinen 2009, 16)



KUVA 7. Soodakattilassa käytettävä höyrynuohoin. (ANDRITZ Oy)

4 SOODAKATTILAN 0-PISTEMITTAUS

Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa tavoitteena oli laatia ANDRITZ Oy:lle soodakattilan 0-pistemittaus suunnitelma. Mittaus suunnitelmaa varten tarvittiin AutoCAD:llä tehty ohjekuva valituista mittauspisteistä sekä Excel-pohjainen mittauspöytäkirja.

4.1 Soodakattilan paineenalaisten osien kunnossapito ja tarkastukset

Laitoksen kunnossapito- ja käyttöhenkilöstön jatkuva seuranta ja valvonta mahdollistavat soodakattilan tehokkaan ja turvallisen käytön. Mikäli kattilan toiminnassa havaitaan mitään tavallisesta poikkeavaa, on siitä raportoitava asianmukaisesti. Raportit ovatkin tärkeässä osassa mm. suunniteltaessa huoltoseisokkia. Jatkuvat tarkastukset ja ennakoivan kunnossapidon huoltotoimenpiteet pidentävät merkittävästi laitoksen käyttöikää. (Pynnönen 2012, 3)

Soodakattilan painelaitteissa esiintyvät viat ja ongelmat saattavat aiheuttaa useita toiminnallisia häiriöitä, joista pahimmillaan saattaa seurata jopa henkilö- ja ympäristövahinkoja. Painelaitteiden turvallisuutta parannetaan käyttämällä nykyaikaisinta tekniikkaa, materiaaleja sekä asiaan kuuluvia kunnossapitomenetelmiä. (Pynnönen 2012, 3)

Valtioiden lait ja säädökset määrittelevät tarkasti painelaitteille tehtävät tarkastukset. Esimerkiksi Suomessa rekisteröitäville painelaitteille on tehtävä tarkastukset Kauppa- ja teollisuusministeriön antaman painelaiteturvallisuutta koskevan päätöksen 953/1999 mukaisesti. (Kauppa- ja teollisuusministeriö)

Suomessa rekisteröidylle painelaitteelle on tehtävä seuraavat tarkastukset:

- Ensimmäinen määräaikaistarkastus
- Seuraavat määräaikaistarkastukset
 - Käyttötarkastus (tarkastusväli soodakattilalle 2 vuotta)
 - Sisäpuolinen tarkastus (tarkastusväli soodakattilalle 4 vuotta)
 - Määräaikainen painekoe (tarkastusväli soodakattilalle 8 vuotta)
- Putkiston määräaikaistarkastus

4.2 0-Pistemittaus

0-pistemittauksella (Zero-pointmeasurement) pyritään selvittämään mm. kattilan seinäputkissa, tulistimissa ja ekonomaisereissa mahdollisesti esiintyvää kulumista. 0-pistemittauksella mitataan siis putkien seinämän vahvuutta. Mittauksesta voidaan käyttää myös nimitystä paksuusmittaus. Paineenalaisille osille kuten esimerkiksi tulistinputkille on määrätty tietty seinämänpaksuuden minimiarvo, jota ei saa alittaa. 0-pistemittaus on suositeltavaa tehdä vähintään kerran vuodessa. Mittaus suoritetaan tarkoitukseen sopivalla ultraäänipaksuusmittarilla.

0-pistemittaus suoritetaan tavallisesti vuosiseisokin yhteydessä, jolloin kattilan sisällä liikkuminen on mahdollista. Monissa paikoissa tarvitaan myös rakennustelineitä, jotta kaikki halutut kohdat saadaan mitattua. Ennen mittausten suorittamista, täytyy myös putkien pinnat puhdistaa/kiillottaa huolellisesti. Jotta saadut mittaustulokset olisivat vertailukelpoisia keskenään, on mittaukset suoritettava joka kerta mahdollisimman identtisistä paikoista. Mittausten luotettavuutta ja vertailtavuutta keskenään voidaan parantaa myös käyttämällä joka kerta samoja mittajia ja samaa mittausmenetelmää.

4.3 0-pistemittaussuunnitelman kehittäminen

0-pistemittaussuunnitelman kehittämiseksi oli tarve koska, kyseinen mittaussuunnitelma tarvittiin kahteen meneillä olevaan soodakattilaprojektiin. Koska kyseisissä projekteissa 0-pistemittauksen mittauspisteistä tai mittauslaajuuksista ei ollut sopimuskohdaisesti sovittu, pystyi laitoksen toimittaja tekemään suunnitelman aikaisempien kokemusten perusteella. Kaikkiin projekteihin ei sisällytetä lainkaan vaatimusta 0-pistemittauksen suorittamisesta. Monissa tapauksissa kuitenkin jo laitoksen sijaintimaan säädännöt edellyttävät laitoksen toimittajaa tekemään huolto- ja tarkastussuunnitelman, johon 0-pistemittaus sisältyy.

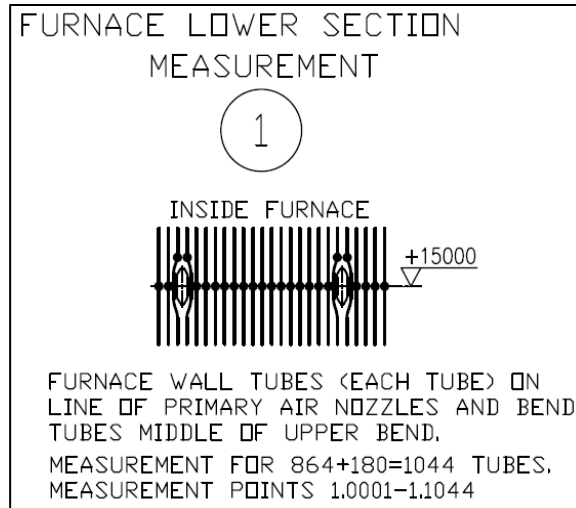
Ensimmäisessä vaiheessa täytyi selvittää kuinka mittausohjeistus on toteutettu aikaisemmissa projekteissa. Malliprojekteiksi valittiin kaksi eri soodakattilaprojektia jotka molemmat on toteutettu Etelä-Amerikassa. Tässä opinnäytetyössä projekteista käytetään nimityksiä Projekti 1 ja Projekti 2. Lisäksi mallia otettiin myös muutamista voimalaitoskattiloihin tehdyistä 0-pistemittaussuunnitelmista.

Projektissa 1 oli olemassa vain kirjallinen tarkastussuunnitelma, jossa esiteltiin mahdolliset mittauskohteet. Sopiviksi mittauskohteiksi oli tässä projektissa ehdotettu mm. seuraavia alueita:

- Primääri-ilma aukot
- Sulakourujen aukot
- Tulipesän seinän compoundputkien ja hiiliteräspanktien liitos
- Tulipesän pohjan ja seinän välinen hitsi
- Tulipesän takaseinän nokka
- Tulipesän pohjan hitsit
- Tulipesän pohjan putkien taiteet
- Tulistimet IB, II, III ja IV
- Ekonomaiserit I ja II

Kyseisessä projektissa vastuu tarkemman 0-pistemittaus suunnitelman teosta oli annettu asiakkaalle ja paikalliselle painelaiteiden testauksesta vastaavalle kolmannelle osapuolelle. Projektiin 2 oli puolestaan tehty sopimuksen mukainen 0-pistemittaus suunnitelma, joka sisälsi ohjekuvan vaadituista mittauspisteistä sekä Excel-pohjaisen mittauspöytäkirjan. Projektissa 2 käytetyt mittauspisteet erosivat merkittävästi Projektissa 1 ehdotetuista mittauspisteistä. Toki oli huomioitavaa, että kattiloiden lievät rakenteelliset erot aiheuttavat myös eroavaisuuksia mittauspisteissä. Esimerkiksi Projektin 2 soodakattila oli varustettu ns. verhoputkistolla, joka lisää paksumittauksen lukumäärää. Projektissa 1 kyseistä verhoputkistoa ei ole lainkaan. Tarkastelun perustella voitiin todeta, että Projektissa 2 käytössä ollut 0-pistemittaus suunnitelma oli suppeampi verrattuna Projektiin 1, jossa oli annettu vain ohjeistus siitä mistä, mittaukset olisi hyvä suorittaa.

Projektin 2 0-pistemittaus suunnitelman hyvänä puolena oli selkeä AutoCAD-pohjainen ohjekuva, josta määrätyt mittauspisteet nähdään tarkasti. Ohjekuva koostuu kyseisen projektin soodakattilan sivulay-out kuvasta sekä joukosta tarkempia detailikuvia. Lay-out kuvasta nähdään vaaditut mittauspisteet. Detaileihin on puolestaan koottu yksityiskohtaisempaa tietoa mittauspisteistä. Ne sisältävät tietoa esimerkiksi mittauspisteiden mitoituksista ja lukumääristä. Lisäksi detailista nähdään mittauspisteiden numerointi, jonka perusteella tulokset kirjataan ylös mittauspöytäkirjaan. Kuvassa 8 on esitetty detaili primääri-ilma aukkojen 0-pistemittauksesta Projektissa 2.



KUVA 8. Projektissa 2 oleva primääri-ilma aukkojen 0-pistemittausdetalji. (ANDRITZ Oy)

Kerättyjen pohjatietojen ja asiasta käytyjen keskustelujen perusteella saatiin selvitettyä ne soodakattilan alueet, joiden olisi syytä kuulua 0-pistemittaus suunnitelmaan. Mittaukseen valitut kohdat on esitetty alla olevassa taulukossa 1.

TAULUKKO 1. 0-pistemittaus suunnitelmaan kuuluvat mittauskohteet.

Kohde	Mittauspiste(et)
Primääri-ilma-aukot	Ohituksen keskilinjasta ja yläosasta
Sulakourujen aukot	Ohituksen keskilinjasta ja yläosasta
Tulipesän seinä	20 mm compound-hiiliteräshitsin yläpuolelta
Tulipesän nokka	<ul style="list-style-type: none"> Nokan alusta Nokan keskeltä 300 mm nokan taivutuksen lopun jälkeen
Tulipesän seinän ja pohjan hitsi	30 mm ennen ja jälkeen hitsiä (etu- ja takaseinä puolelta)
Tulipesän pohjan putket	Taivutuksen keskeltä (etu- ja takaseinän puolelta)
Tulistimet	<ul style="list-style-type: none"> Uloimman putken taipeen keskikohdasta 300 mm taipeen yläpuolelta Nuohointen kohdalta mahdollisuuksien mukaan
Ekonomaiserit	Nuohointen ohitusputkien ylä- tai alareunasta. Mitataan mahdollisuuksien mukaan (esim. 3 ulointa elementtiä).
Keittopinta	Nuohointen suojalevyjen ylä- tai alapuolelta

Seuraavassa vaiheessa laadittiin AutoCAD-pohjainen ohjekuva 0-pistemittausta varten, käyttäen siinä edellä esitetyjä mittaushkohtia. Ohjekuva koostuu kulloinkin kyseessä olevan projektin soodakattilan sivulay-outista, sekä joukosta tarkempia detailj kuvia. Sivulay-outista pyritään karsimaan pois kaikki ne turhat yksityiskohdat, joilla ei ole merkitystä itse 0-pistemittauksessa. Sovitut mittauspisteet merkitään selkeästi lay-out kuvaan. Tällöin sen avulla on helppo löytää oikeat mittaushpaikat myös työmaalla. Tarkemmat mittauspisteiden tiedot, kuten mitoitus (esim. mittauspisteet etäisyys hitsisaumasta), numeroinnit (esim. mistä kohdista kattilaa mittaush aloitetaan ja mihin suuntaan se siitä jatkuu) ja tarkastuslaajuudet (esim. mittaush jokaisesta elementistä tai vaan osasta elementtejä) selviävät puolestaan detailjikuvista.

Liitteessä 2 on esitetty osa työn lopputuloksena aikaansaadun 0-pistemittaush suunnitelman lay-out kuvasta. Kuvasta nähdään mm. se, mistä tulipesän alaosaan tehtävät mittaukset on tarkoitus suorittaa.

Kuvassa 9 on puolestaan esitetty kattilan primääri-ilma aukkojen 0-pistemittausta selventävä detailji. Kyseisestä detailjista nähdään mm.

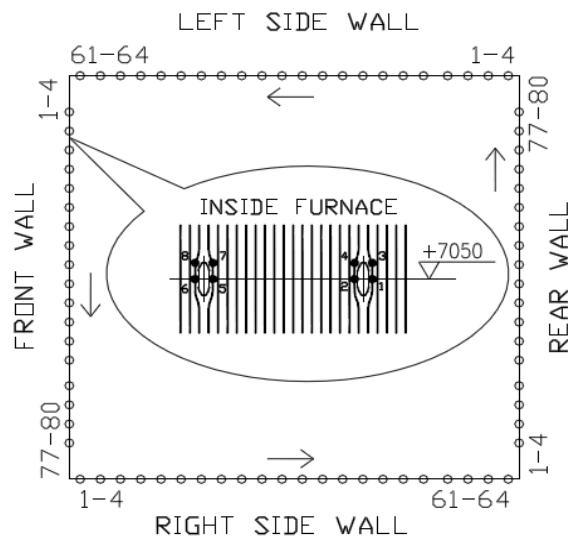
- Mittauksen numerointi ja sen eteneminen
- Ohitusputkien mittaushpaikat
- Mitattavien putkien lukumäärä
- Mittaushpaikoiden lukumäärä

1

CENTER LINE AND UPPER PART OF EACH PRIMARY AIR OPENING TUBE.

MEASUREMENT FOR $(20+16+20+16) \times 2=144$ TUBES
2 MEAS. POINT/TUBE = $144 \times 2 = 288$ POINTS

MEASUREMENT POINTS:
FRONT WALL 1.1/1...80
RIGHT SIDE WALL 1.2/1...64
REAR WALL 1.3/1...80
LEFT SIDE WALL 1.4/1...64



KUVA 9. Soodakattilan primääri-ilma aukkojen 0-pistemittaush. (ANDRITZ Oy)

Lopuksi laadittiin selkeä Excel-pohjainen mittauspöytäkirja, johon mittauksesta saadut tulokset on helppo tallentaa. Liitteessä 3 on esitetty osa työn tuloksena aikaansaadusta mittauspöytäkirjasta.

Mittauspöytäkirjan osien esittely lyhyesti:

- **Otsikkotaulu**

Otsikkotaulusta löytyvät ANDRITZ Oy:n logo, tieto siitä, mistä projektista on kyse, dokumenttitunniste (piirustusnumero), mittauksen tekijän tiedot sekä päivämäärä, jolloin mittaus on suoritettu.

- **Mittauspistedetalji**

Valitut mittauspisteet osoittava detaljikuva, joka saadaan otettua AutoCAD-ohjekuvasta.

- **Mittaustaulukko**

Taulukkoon kootaan 0-pistemittauksesta saadut tulokset. Taulukko täytetään ohjekuvassa esitetyn numeroinnin mukaisesti. Tällöin mittaukset ovat helposti toistettavissa sekä vertailukelpoisia keskenään.

- **Yhteenvetotaulukko**

Taulukosta nähdään kyseisen osa-alueen seinämänvahvuuksien maksimi-, minimi- ja keskiarvot. Mittauspöytäkirjan selkeyttä pyrittiin lisäämään jakamalla mittaukset omille välilehdilleen. Näin ollen jokainen mittaus osa-alue löytyy nyt omalta välilehdeltään.

5 SOODAKATTILAN CE-KILPIMALLI

Opinnäytetyön toisessa osassa tavoitteena oli luoda ANDRITZ Oy:lle soodakattilan CE-kilpimalli. Kyseistä kilpimallia voidaan hyödyntää niissä projekteissa, joissa soodakattila (painelaite) on CE-merkittävä.

5.1 Painelaitteen tai laitekokonaisuuden CE-merkintä

EU:n painelaitedirektiivin (97/23/EY) menettelyt painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelulle, valmistukselle ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnille sisältyvät kauppa- ja teollisuusministeriön päätökseen (938/1999) koskien painelaitteita. Painelaitteiksi luetaan ne säiliöt, putkistot, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet, varolaitteet ja paineenalaiset lisälaitteet, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. Laitekokonaisuudella tarkoitetaan puolestaan valmistajan useita eri painelaitteista yhtenäiseksi kokoamaa kokonaisuutta. (Painelaiteopas, 5)

Nykyisten säädösten mukaan EU-alueille valmistettavat painelaitteet ja laitekokonaisuudet on tavallisesti varustettava CE-merkinnällä. Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien mukana on toimitettava myös käyttöohjeet. Lisäksi niistä on laadittava EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Painelaitteet ja laitekokonaisuudet jaetaan kahteen ryhmään:

- Suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia
- Suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava hyvää konepajakäytäntöä

Hyvän konepajakäytännön mukaisiin painelaitteisiin ja laitekokonaisuuksiin ei tule CE-merkintää. Hyvän konepajakäytännön painelaitteista ja laitekokonaisuuksista on löydettävä merkinnät, joista selviää valmistaja tai valmistajan edustaja. Lisäksi valmistajan on toimitettava riittävän hyvät käyttöohjeet. Hyvän konepajakäytännön mukaisille painelaitteille (ns. 0-luokka) ei laadita EY-vaatimustenmukaisuusvakuutusta. (Painelaiteopas, 5)

Koska soodakattiloissa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia, täytyy ne varustaa CE-merkinnällä. Ne painelaitteet ja laitekokonaisuudet jotka varustetaan CE-merkinnällä, luokitellaan kasvavan riskin mukaan neljään luokkaan I–IV. Luokitusta varten on tiedettävä:

- Painelaitteen tyyppi (säiliö, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaite, putkisto, varolaite tai paineenalainen lisälaite)
- Suurin sallittu käyttöpaine (PS) ja tilavuus (V) tai nimellissuuruus (DN).
- Sisältö: kaasu/neste
- Sisällön vaarallisuus: ryhmä 1/ryhmä 2

Kun painelaite kuuluu luokkaan I–IV, on olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttyminen arvioitava ennen kuin laite tai laitekokonaisuus otetaan käyttöön. Painelaitteen tai laitekokonaisuuden arviointimenettely (moduli) valitaan painelaitteen luokan mukaan. Valmistajan näin halutessa, voi hän käyttää myös vaativamman luokan arviointimenettelyjä. Kun painelaite tai laitekokonaisuus kuuluu luokkiin II–IV, on painelaitteiden arviointimenettelyssä mukana oltava myös ilmoitettu laitos (notified body) eli ns. kolmas osapuoli. Ilmoitetun laitoksen tehtävänä on arvioida painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuutta. Vaatimustenmukaisuuden arviointiin sisältyy mm. suunnitelmien, valmistettujen painelaitteiden ja laatu järjestelmien hyväksyminen. Lisäksi laatu järjestelmien ja valmistajan tekemien loppuarviointien valvontaa kuuluu ilmoitetulle laitokselle. Painelaitteille sovellettavien arviointimenettelyjen vaihtoehdot on esitetty alla olevassa taulukossa 2. (Painelaiteopas, 4,7)

TAULUKKO 2. Painelaitteen arviointimenettelyjen vaihtoehdot luokittain.

<u>SOVELLETTAVIEN MODULIEN VAIHTOEHDOT</u>			
<u>LUOKKA I</u>	<u>LUOKKA II</u>	<u>LUOKKA III</u>	<u>LUOKKA IV</u>
Moduli	Moduli	Moduli	Moduli
<i>A</i>	<i>A1</i>	<i>B1+D</i>	<i>B+D</i>
	<i>D1</i>	<i>B1+F</i>	<i>B+F</i>
	<i>E1</i>	<i>B+E</i>	<i>G</i>
		<i>B+C1</i>	<i>H1</i>
		<i>H</i>	

Taulukossa 2 esiintyvien kirjainten ja kirjainyhdistelmien selitykset on esitetty alla olevassa listauksessa. (Painelaiteopas, 7)

- **A, Valmistuksen sisäinen tarkastus**

Laitteen valmistaja laatii tarvittavat asiakirjat ja suorittaa loppuraportoinnin.

- **A1, Valmistuksen sisäinen tarkastus ja loppuarvioinnin valvonta**

Laitteen valmistaja tekee asiakirjat ja loppuraportoinnin, joita ilmoitettu laitos valvoo.

- **D1, Tuotannon laadunvarmistus**

Laitteen valmistaja tekee asiakirjat ja loppuraportoinnin. Tämän lisäksi valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos vastaa laatujärjestelmän hyväksymisestä ja valvoo sen noudattamista.

- **E1, Tuotteiden laadunvarmistus**

Laitteen valmistaja tekee tarvittavat asiakirjat ja loppuraportoinnin sekä soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos hyväksyy laatujärjestelmän ja valvoo sen noudattamista.

- **B1+D, EY-suunnitelmatarkastus ja tuotannon laadunvarmistus**

Ilmoitettu laitos tarkastaa tehdyn suunnitelman vaatimustenmukaisuuden. Laitteen valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos hyväksyy laatujärjestelmän ja valvoo sen noudattamista.

- **B1+F, EY-suunnitelmatarkastus ja tuotekohtainen todennus**

Ilmoitettu laitos tarkastaa suunnitelman vaatimustenmukaisuuden. Tämän lisäksi ilmoitettu laitos tekee tuotekohtaisen loppuarvioinnin.

- **B+E, EY-tyyppitarkastus ja tuotteiden laadunvarmistus**

Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimuksenmukaisuuden. Laitteen valmistaja soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos hyväksyy laatujärjestelmän ja valvoo sen noudattamista.

- **B+C1, EY-tyyppitarkastus ja tyyppinmukaisuus**

Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimuksenmukaisuuden. Laitteen valmistaja tekee tarvittavan loppuarvioinnin. Ilmoitettu laitos valvoo loppuarviointia.

- **H, Täydellinen laadunvarmistus**

Laitteen valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos hyväksyy laatujärjestelmän ja valvoo sen noudattamista.

- **B+D, EY-tyyppitarkastus ja tuotannon laadunvarmistus**

Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimustenmukaisuuden. Laitteen valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos hyväksyy laatujärjestelmän ja valvoo sen noudattamista.

- **B+F, EY-tyyppitarkastus ja tuotekohtainen todennus**

Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimuksenmukaisuuden ja tekee tuotekohtaisen loppuarvioinnin.

- **G, Yksikkökohtainen EY-todennus**

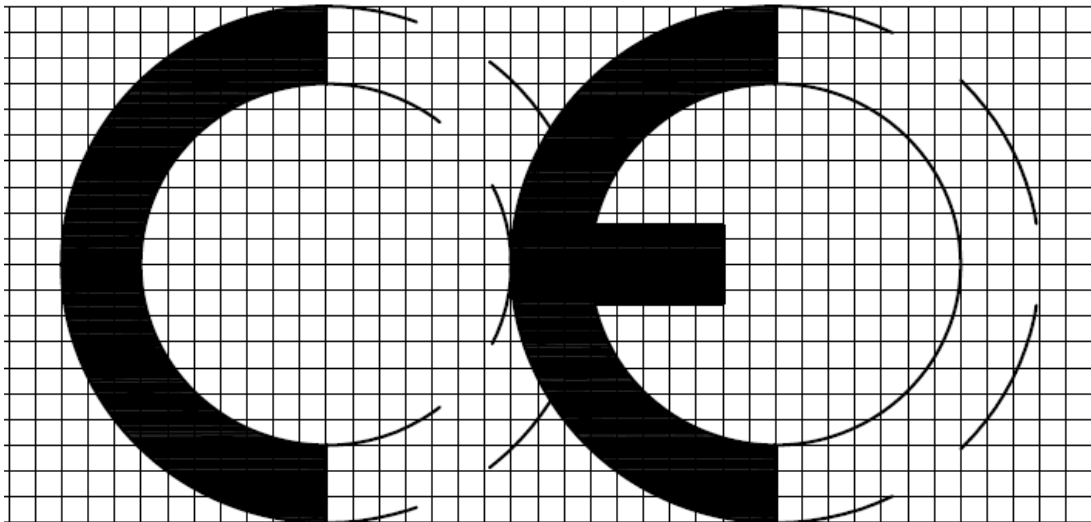
Ilmoitettu laitos tekee tuotteen suunnitelma- ja loppuarvioinnin.

- **H1, Täydellinen laadunvarmistus ja suunnitelmatarkastus sekä loppuarvioinnin erityisvalvonta**

Laitteen valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää. Ilmoitettu laitos hyväksyy laatujärjestelmän ja valvoo sen noudattamista. Tämän lisäksi ilmoitettu laitos tekee tarkan suunnitelmatarkastuksen ja valvoo loppuarviointia.

Kattilalaitoksen toimittaja ilmoittaa CE-merkinnällä, että painelaite tai laitoskokonaisuus on suunniteltu ja valmistettu painelaitedirektiivin mukaisesti. Tällöin vaaditut turvallisuusvaatimukset täytyvät ja vaatimustenmukaisuuden arviointi on tehty asianmukaisesti. CE-merkintä sekä muut tarvittavat painelaitteen tiedot painetaan kilpeen, joka kiinnitetään näkyvälle paikalle painelaitteeseen. CE-merkinnän kiinnittämisestä vastaa painelaitteen tai laitoskokonaisuuden valmistaja. (Kunnossapito Lehti, 8)

Kuvassa 10 on esitetty CE-merkinnän malli. CE-merkintä koostuu kirjaimista "CE". EU:n painelaitedirektiivi (97/23/EY) antaa tarkan ohjeen siitä, kuinka merkintä tehdään oikeaoppisesti. Mikäli kyseistä merkintää halutaan suurentaa tai pienentää on mittasuhteiden säilyttävä samoina. (EU direktiivi 97/23EY)



KUVA 10. Oikeaoppinen CE-merkintä. (ANDRITZ Oy)

EU:n painelaitedirektiivin (97/23/EY) mukaan painelaitteen tai laitekokonaisuuden CE-kilvestä on löydyttävät vähintään:

- Valmistajan nimi, osoite tai muu tunnus
- Valmistusvuosi
- Painelaitteen tunnus (esimerkiksi tyyppi-, sarja- tai valmistusnumero)
- Olennaisimmat sallitut raja-arvot

Lisäksi painelaitedirektiivin (97/23/EY) mukaan CE-kilpeen voidaan lisätä myös muita tarpeellisia lisätietoja kuten esimerkiksi:

- Painelaitteen tilavuus
- Putkiston nimellissuuruus
- Koepaine ja päivämäärä
- Varolaitteen asetusaine
- Painelaitteen teho
- Käyttötarkoitus
- Tuoteryhmä

5.2 CE- kilpimallin suunnittelu

CE-kilpimallin suunnittelu aloitettiin selvittämällä se, mitä tietoja CE-kilvestä täytyy löytyä. Tähän apuna käytettiin mm. aikaisempiin projekteihin tehtyjä CE-kilpiä. Tavoitteena oli toteuttaa kilpimalli, jota voitaisiin saman tien hyödyntää keväällä 2013 valmistumisvaiheessa olevassa soodakattilaprojektissa. CE-kilvelle on saatava ilmoitetun laitoksen hyväksyntä siitä, että kilpi on sille asetettujen vaatimusten mukainen. Tässä kyseisessä projektissa, jossa kilpimallia sovelletaan ensimmäistä kertaa käytännössä, toimii ilmoitettuna laitoksena TÜV Austria. Ilmoitetun laitoksen hyväksyttyä CE-kilven sisältö, voidaan olettaa, että samankaltainen kilpi soveltuu sellaisenaan tai pienin muutoksin tehtynä myös muihin soodakattilaprojekteihin. Tällöin uusissa projekteissa saadaan CE-kilpi toimitettua nopeasti ilmoitetulle laitokselle hyväksyttäväksi. Työn tuloksena aikaansaatu valmis CE-kilpimalli on esitetty kuvassa 11.

Tehdyn selvitystyön perusteella soodakattilan CE-kilpimallin sisällöksi valittiin seuraavat kohdat:

- **ANDRITZ- logo**
Valmistajan logo kertoo painelaitteen valmistajan.
- **CE-merkki**
EU:n painelaitedirektiivin (97/23/EY) sisältämän ohjeen mukaisesti kirjaimista CE muodostuva merkki.
- **Ilmoitetun laitoksen tunnus**
Projektissa käytettävän ilmoitetun laitoksen nelinumeroinen tunnus. Tunnus tulee kilpeen heti CE-kirjainmerkinnän jälkeen. Jokaisella hyväksytyllä ilmoitetulla laitoksella on oma tunnuksensa. Ilmoitettujen laitosten tunnukset on esitetty liitteessä 4.
- **Kattilan tyyppi**
Teksti ”SOODAKATTILA”, ”RECOVERY BOILER”, ”SODAPANNA” jne. kertoo, että kyseessä oleva painelaitekokonaisuus on soodakattila.

- **Painelaitteen luokka**

Painelaitteiden luokitus on esitelty tämän opinnäytetyön kappaleessa 5.1 Painelaitteen tai laitekokonaisuuden CE-merkintä. Soodakattila kuuluu riskiltään luokkaan IV.

- **Arviointimenettelyn tunnus**

Painelaiteluokan perusteella saadaan soodakattilalle määritettyä arviointimenettelyn (modulin) tunnus. Soodakattilan moduli on G, eli Ilmoitettu laitos tekee tuotteen suunnitelma- ja loppuarvioinnin.

- **Painelaitteen tunnus**

Soodakattilassa painelaitteen yksilöivänä tunnuksena käytetään valmistusnumeroa.

- **Valmistusvuosi**

Kertoo painelaitteen, tässä tapauksessa soodakattilan valmistusvuoden.

- **MCR (MAXIMUM CONTINUOUS RATING), Kg/s**

Soodakattilan maksimi jatkuva kuorma (höyryn virtaus).

- **Soodakattilan kapasiteetti, tDS/d**

Arvo joka ilmaisee, kuinka monta tonnia kuiva-ainetta soodakattila pystyy vuorokaudessa käsittelemään.

- **Suurin sallittu käyttöpaine, bar(g)**

Käytönaikainen paine ei saa ylittää tätä arvoa.

- **Suurin sallittu lämpötila, °C**

Soodakattilan lämpötila ei saa ylittää tätä arvoa.

- **Alhaisin sallittu lämpötila, °C**

Arvo jota kylmemmässä lämpötilassa soodakattilaa ei saa käyttää. Yleensä alhaisin sallittu lämpötila on +20 °C.

- **Koeponnistuspaine, bar**

Arvo kertoo soodakattilan koeponnistuksessa käytetyn paineen.

- **Päivämäärä**

Päivämäärä, jolloin koeponnistus on suoritettu hyväksytysti.

- **Standardi**

Standardi jonka, mukaan painelaite on suunniteltu, valmistettu, tarkastettu jne. Tavallisesti Eurooppaan valmistettavissa soodakattiloissa käytetään EN-12952 standardia.

- **Tilavuus, m³**


Soodakattilan laskennallinen tilavuus.

- **Teho, MW**

Soodakattilan tuottama maksimiteho.

- **Lämpöpintojen pinta-ala, m²**

Soodakattilan lämpöpintojen (pohja, seinät, tulistimet jne.) yhteenlaskettu pinta-ala.

 CE XXXX RECOVERY BOILER LAUGENKESSEL CATEGORY IV KATEGORIE IV MODUL G			
SERIAL NUMBER FABRIKATIONSNUMMER	A xxxxx	STANDARD NORM	EN 12952
YEAR OF MANUFACTURE BAUJAHR	201x	VOLUME VOLUMEN	xxx m ³
MAXIMUM CONTINUOUS RATING MAXIMALE DAUERLEISTUNG	xx,x Kg/s	OUTPUT LEISTUNG	xxx MW
CAPACITY KAPAZITÄT	xxxx tDS/d	HEATING SURFACE HEIZFLÄCHE	xxxx m ²
MAX. ALLOWABLE PRESSURE HÖCHST ZUL. BETRIEBSDRUCK	xx bar(g)		
MAX. ALLOWABLE TEMPERATURE HÖCHST ZUL. BETRIEBSTEMPERATUR	xxx °C		
MIN. ALLOWABLE TEMPERATURE NIEDRIGSTE ZULÄSSIGE TEMPERATUR	xx °C		
HYDROSTATIC TEST PRESSURE PRÜFDRUCK	xxx bar(g)		
HYDROSTATIC TEST DATE DATUM DER DRUCKPRÜFUNG	xx.xx.201x		

KUVA 11. Valmis soodakattilan CE-kilpimalli. (ANDRITZ Oy)

CE-kilven tekstit tulevat lähtökohtaisesti kahdella eri kielellä. Toisena kielenä käytetään pääsääntöisesti englantia ja toisena sen maan kieltä, johon soodakattila valmistetaan. Selkeyden ja luettavuuden takia CE-kilven on oltava riittävän suuri. CE-kilpimallista tehtiinkin 300 millimetriä leveä ja 400 millimetriä korkea. Tämän kokoi- seen kilpeen tarvittavat tiedot mahtuvat hyvin ja ne ovat selkeästi luettavissa. CE-kilven materiaalina käytetään ruostumatonta 1.4301 (AISI 304L) teräslevyä, jonka pinta on kiillotettu. Tekstit kaiverretaan tai syövytetään ensin kilpeen, jonka jälkeen ne polttomaalataan mustiksi. Logo ja ohuet kehysviivat maalataan sinisiksi (värikoodi RAL5015). CE-kilpi kiinnitetään työmaalla aluslaattaan ruuveilla. CE-kilven valmistus- ta varten annettu valmistusohje on esitetty kuvassa 12.

<u>COLOR SHADE</u>	
–ANDRITZ LOGO:	(blue) RAL 5015 Munsell U69–50T
–THIN FRAME LINES:	(blue) RAL 5015 Munsell U69–50T
–TEXTS:	(black)
–NAME PLATE:	Polished metal surface
PREPARATION:	
Surface of the plate shall be polished and by etching/by carving made text shall be baked (stoved) black.	

KUVA 12. CE-kilven maalaus- ja valmistusohje. (ANDRITZ Oy)

6 PUTKIEN PÄITTÄISLIITOKSET

Opinnäytetyön kolmannessa ja viimeisessä osiossa tavoitteena oli päivittää suunnittelussa käytettävät putkien päittäisliitosten ohjekuvat. Päivitys tehtiin sekä EN- että ASME-projektien osalta.

6.1 Hitsaus

Hitsaus on valmistusmenetelmä, jossa kappaleita liitetään toisiinsa käyttämällä lämpöä (sulahitsaus) ja/tai puristusta (puristushitsaus). Tällöin liitettävät osat muodostavat ns. jatkuvan yhteyden. Kappaleiden yhteen liittämisen lisäksi hitsausta voidaan käyttää myös pinnoituksessa, jolloin puhutaan päällehitsauksesta. Kulloinkin käytettävästä hitsausprosessista riippuen, voidaan hitsauksessa käyttää lisäainetta. Lisäaineen sulamislämpötila on lähes sama kuin itse perusaineen. Hitsauksessa sekä mahdollinen lisäaine että perusaine sulavat. Tämä erottaa hitsauksen juottamisesta, jossa ainoastaan lisäaine sulaa. Hitsaamalla voidaan liittää metallien lisäksi myös mm. muoveja ja keraameja. (SFS 3052)

6.2 Yleisimmät kaarihitsausprosessit

Sulahitsauksessa liitettävien osien railopinnat ja käytettävä lisäaine sulavat korkeassa lämpötilassa. Yleisin käytettävä lämmönlähde on valokaari, jonka avulla saadaan nopeasti ja tehokkaasti tuotettua riittävän korkea lämpötila. Valokaarta hyödyntäviä hitsausprosesseja kutsutaan kaarihitsausprosesseiksi. Sulamispistettä korkeamman lämpötilan ansiosta saadaan aikaan hitsisula. Hitsisulan jäähtyessä se jähmettyy hitsiksi, joka liittää kappaleet toisiinsa. Koska ilma sisältää mm. typpeä ja happea, joka heikentää hitsin ominaisuuksia (haurastaa), on hitsauksessa käytettävä sopivaa suojamenetelmää. Käytettäviä suojakeinoja ovat suojakaasu (mm. MIG/MAG- TIG, ja plasmahitsaus), kuona (puikko- ja jauhekaari), suojakaasun ja kuonan yhdistelmä (MAG- täytelankahitsaus), tyhjiö (elektronisuihkuhitsaus) ja mekaaninen puristus (vastushitsaus). (ESAB)

6.2.1 Puikkohitsaus (No.111)

Vanhin ja tunnetuin kaarihitsausprosessi on puikkohitsaus, joka on aina käsin suoritettavaa hitsausta. Puikkohitsauksessa valokaari palaa hitsauspuikon pään ja työkappaleen välissä. Tällöin hitsauspuikon sydänlanka sulaa, jolloin metalli lentää pisaroina valokaaren läpi hitsisulaan. Metallipisarat ovat kuonan ympäröimiä. Hitsin suoja saadaan aikaan kaasuilla ja kuonalla. Jähmettynyt kuonakerros poistetaan jälkeinpäin. Hitsauspuikko on lisääinelanka, joka mm. tuottaa kuona- ja kaasusuoja hitsaustapahtumalle, muotoilee hitsisulaa kuonan avulla, seostaa hitsiainetta seosaineilla sekä edistää valokaaren palamista ja syttymistä. Puikkohitsausta käytetään mm. painelaitteiden hitsauksessa, laivanrakennuksessa ja päällehitsauksessa. Puikkohitsauksen etuja ovat mm. toimivuus hankalissakin olosuhteissa, suuri lisääainevalikoima, erinomainen luoksepäästävyys sekä hitsin hyvä laatu. (ESAB)

6.2.2 MIG/MAG-hitsaus (No.131/No.135)

Metallikaasukaarihitsaus eli toisin sanoen MIG/MAG-hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, joka on jo useissa maissa yleisin hitsausprosessi mitattuna käytetyn lisääineen määrällä. Siinä lämmön tuottamiseen tarkoitettu valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välissä. Sula metalli siirtyy pieninä pisaroina langan päästä hitsisulaan. Käytettävä suojakaasu voi olla joko aktiivinen (reagoi sulassa metallissa olevien aineiden kanssa) tai inertti kaasu (reagoimaton). Terästen metallikaasukaarihitsaus on MAG-hitsausta ja ei-rautametallien (alumiini, kupari ja nikkeli) MIG-hitsausta. MIG/MAG-hitsauksen etuja ovat mm. jatkuva lisääinelanka, lisääineen hyvä riittoisuus, mekanisoinnin ja automatisoinnin helppous, erinomainen tuottavuus, hitsausarvojen laaja säätömahdollisuus sekä hinnaltaan edullinen lisääaine. Metallikaasukaarihitsauksen käytön yleisyydestä kertoo se, että sitä käytetään lähes kaikkialla valmistavassa konepajateollisuudessa. (ESAB)

6.2.3 MAG-täytelankahitsaus (No.136)

MAG-täytelankahitsaus muistuttaa toimintaperiaatteiltaan ja käytettävien laitteiden osalta hyvin paljon perinteistä MAG-hitsausta. Lisäaineena käytetään täytelankaa. Suojakaasuna käytetään aktiivista kaasua, argonin ja hiilidioksidin muodostama seoskaasua tai puhdasta hiilidioksidia. Kelalla olevan täytelangan teräskuoren sisällä on täytejauhe. Langan kuori voi olla seostamatonta terästä tai ruostumatonta terästä. Täytelangat jaetaan jauhetäytelankoihin (kuonaa muodostavat täytelangat) ja metallitäytelankoihin (kuonaa muodostamattomat täytelangat). MAG-täytelankahitsauksen etuja ovat mm. suuri tuottavuus, helppo mekanisointavuus ja hyvät hitsiaineen mekaaniset ominaisuudet. (ESAB)

6.2.4 Jauhekaarihitsaus (No.12)

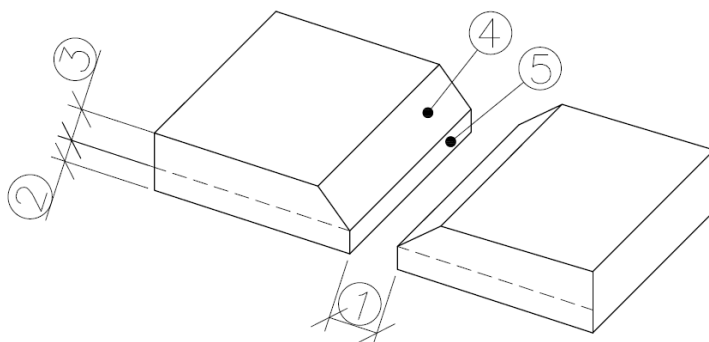
Jauhekaarihitsauksessa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välissä hitsausjauheen alla. Ympäröivältä ilmalta hitsiä suojaa hitsausjauhe. Osa käytettävästä jauheesta sulaa muodostaen hitsin päälle kuonakerroksen. Syntynyt kuonakerros poistetaan myöhemmin. Toisin kuin monissa muissa hitsausprosesseissa valokaari ei ole näkyvissä. Valokaari palaa katseelta suojassa hitsausjauheen alla. Jauhekaarihitsaus on erittäin työympäristöystävällistä mm. savuamattomuuden ansiosta. Hitsausaineina ovat hitsauslanka ja hitsausjauhe. Käytettävät hitsauslangat ovat paksuja (keskimääräinen halkaisija neljä millimetriä) lisäainelankoja. Hitsausjauheet ovat puolestaan raemaisia, sulavia ja mineraalista ja metallista alkuperää olevia tuotteita. Jauhekaarihitsauksen etuina on suuri hitsiaineentuotto ja tunkeuma sekä tunteettomuus vedolle ja tuulelle. Jauhekaari sopii ainepaksuudeltaan yli 5 mm teräksille. Jauhekaarihitsaus on pääsääntöisesti mekanisoitua hitsausta, jota käytetään paljon keskiraskaassa ja raskaassa konepajateollisuudessa. (ESAB)

6.2.5 TIG-hitsaus (No.141)

TIG-hitsauksessa valokaari palaa sulamattoman volframielektroodin ja työkappaleen välissä suojakaasun ympäröimänä. Suojakaasuna käytetään aina inerttiä kaasua, joka suojaa myös volframielektroodia hapettumiselta. TIG-käsinhitsauksessa lisäaine tuodaan toisella kädellä hitsisulaan. Mekanisoidussa TIG-hitsauksessa lisäaineen syöttöön käytetään koneellista langansyöttölaitetta. TIG-hitsauksen etuja ovat hyvä sulan ja tunkeuman hallinta, kuonattomuus, hyvin säädettävissä oleva lämmöntuonti ja metallurgisesti puhdas hitsi. Lisäksi hitsaus on mahdollista ilman lisäainetta. TIG-hitsauksen tavallisempia käyttökohteita ovat mm. vaativien putkistojen hitsaus, ruostumattomien putkien valmistus, ohuiden aineiden hitsaus (käyttöalue alkaa noin 0,1 mm:stä.) ja alumiinin ja erikoismetallien hitsaus. (ESAB)

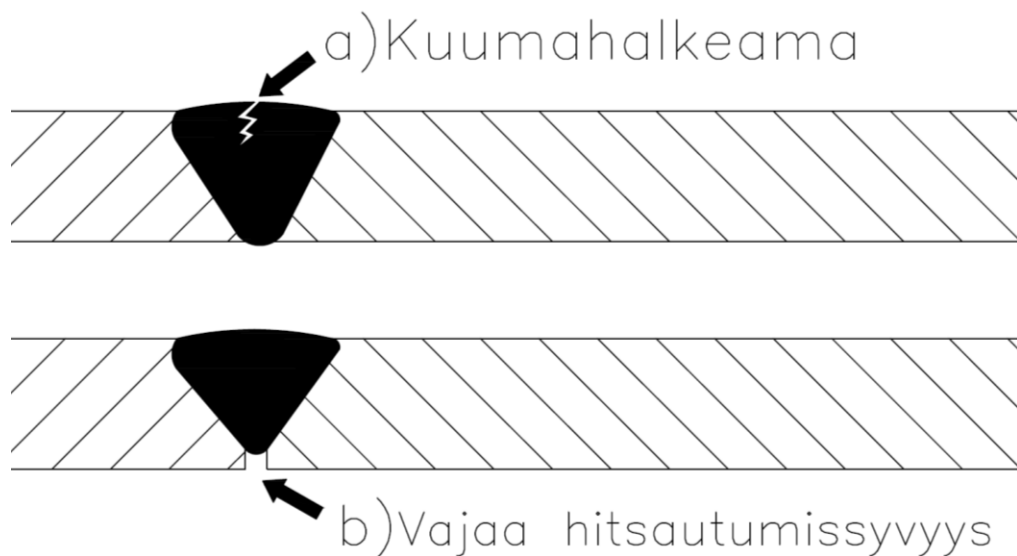
6.3 Hitsausrilo ja päittäisliitos

Hitsausrailolla tarkoitetaan hitsaamalla yhteenliitettävien kappaleiden välistä tilaa. Pintaa, joka sulaa hitsauksen aikana, kutsutaan railopinnaksi. Railot voivat olla viistetty joko osittain tai kokonaan. Kokoviistetyssä railossa viiste ulottuu koko aineen paksuuden läpi. Osittainviistettyyn railoon jää puolestaan viistämätön juuripinta. Hitsausrilo voi olla joko yksi- tai kaksipuoleinen. Railon poikkileikkauksen muoto kertoo millaisesta, railomuodosta on kyse. Railomuotoja ovat mm. I-rilo, V-rilo, X-rilo ja U-rilo. Kuvassa 13 on tyypillinen yksipuoleinen osaviistetty hitsausrilo. Päittäisliitoksessa yhteen liitettävien osien pinnat ovat hitsin alueella samassa tai toisiinsa nähden 135–180° kulmassa. (SFS 3052)



KUVA 13. Tyypillinen osittainviistetty hitsausrilo ja railon osien nimitykset. 1.Ilmarako, 2.Juuripinnan korkeus, 3.Viisteen syvyys, 4.Viiste, 5.Juuripinta. (ANDRITZ Oy)

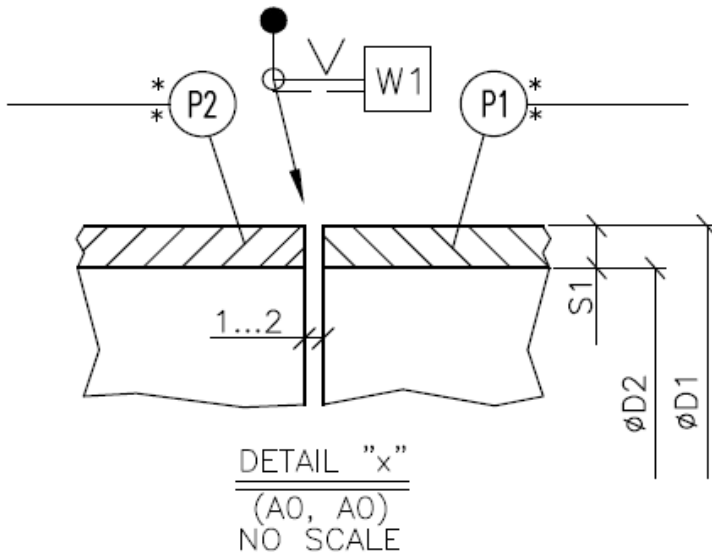
Oikealla railonmuodolla on merkittävä vaikutus hitsauksen laatuun. Hitsausrailolle asetetut vaatimukset liittyvät valittuun railokulmaan, ilmarakoon, juuripinnan korkeuteen sekä lisäksi railon puhtauteen. Oikealla railokulmalla voidaan ehkäistä hitsausvirheiden syntymistä. Esimerkiksi paksuilla materiaaleilla liian kapea railokulma voi johtaa kuumahalkeaman syntymiseen. Ilmaraon suuruus vaikuttaa puolestaan läpihitsattavuuteen. Mikäli käytetty ilmarako on liian pieni, voi hitsautumissyvyys jäädä vajaaksi. Näin voi myös käydä, mikäli juuripinta on liian korkea. Railopinnat on puhdistettava huolellisesti liasta ennen hitsausta. Railon puhtaus parantaa hitsattavuutta sekä vähentää jälkikäsittelyn tarvetta. Kuvassa 14 on esitetty kaksi puutteellisesta railomuodosta johtuvaa tyypillistä hitsausvirhettä. (ANDRITZ Oy)



KUVA 14. Puutteellisesta railomuodosta johtuvia hitsausvirheitä. (ANDRITZ Oy)

6.4 Päittäisliitosohjekuvien päivitys.

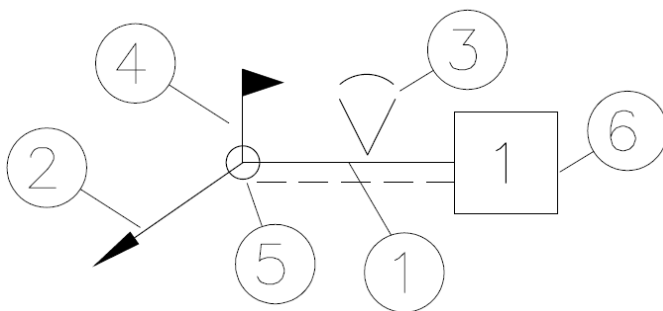
Päivitystyö toteutettiin sekä EN- että ASME-projekteissa käytettävien päittäisliitosohjekuvien osalta. Ohjekuvat koostuvat konepajalla ja asennuspaikalla tehtävien päittäisliitosten detailikuvista. Päivitystyön tarkoituksena oli poistaa liitoskuvadetaljeissa esiintyviä virheitä mm. hitsausmerkkien osalta. Lisäksi tavoitteena oli korjata annettuja arvoja viisteiden, ilmarakojen ja juuripintojen osalta sekä lisätä vielä toistaiseksi puuttuvia detailjeja. Myös detailjen sisältämiä tekstejä päivitettiin vastaamaan nykyisiä käytäntöjä. Kuvassa 15 on esitetty virheellinen päittäisliitoksen detailji, jossa hitsausmerkki on väärä.



KUVA 15. Virheellisellä hitsausmerkillä varustettu ohutseinäisen putken päättäisliitos. (ANDRITZ Oy)

Työn ensimmäisessä vaiheessa päivitettiin EN-projekteissa käytettävä ohjekuva vastaamaan SFS-EN ISO 9692-1 standardia. Kyseinen standardi määrittelee yleisessä käytössä olevat railon parametrit. SFS-EN ISO 9692-1 standardin antamat railonmuutosuositukset ovat kokemuseräisiä. Standardista saatavat mitta-alueet toimivat suunnittelun raja-arvoina, eivät valmistuksen toleransseina. (SFS-EN ISO 9692-1)

Päättäisliitoksissa käytetyt hitsausmerkit ovat puolestaan standardin SFS-EN 22553 mukaisia. Hitsausmerkki osoittaa, miten kyseinen hitsaus tulee suorittaa. Standardin mukaan hitsausmerkki koostuu aina vähintään merkintäviivasta, viitenuolesta ja perusmerkistä. Lisäksi hitsausmerkki voi sisältää muita oleellisia tietoja hitsauksesta. Kuvassa 16 on esitetty tyypillinen hitsausmerkki. (SFS-EN 22553)



KUVA 16. Tyypillinen asennuspaikalla tehtävän päättäisliitoksen hitsausmerkki: 1 Merkintäviiva, 2 Viitenuoli, 3 Perusmerkki, 4 Asennushitsi, 5 Kehähitsi, 6 Hitsin numero. (ANDRITZ Oy)

EN-projekteissa käytettävät railonmuodot materiaalin seinämävahvuuden mukaan ovat:

Konepajassa:

- I-railo kun seinämävahvuus on alle 2 millimetriä.
- V-railo kun seinämävahvuus on yli 2 millimetriä mutta alle 10 millimetriä.
- Osaviistetty V-railo kun seinämävahvuus on yli 10 millimetriä mutta alle 12.5 millimetriä.
- Erikois- U-railo (juuressa V-railo) kun seinämävahvuus on yli 12.5 millimetriä.
- V-railo kun kyseessä on compoundputki.
- U-railo kun käytetään TIG-automaattimenetelmää.

Asennuspaikalla:

- I-railo kun seinämävahvuus on alle 2 millimetriä.
- V-railo kun seinämävahvuus on yli 2 millimetriä mutta alle 20 millimetriä.
- Osaviistetty V-railo kun seinämävahvuus on yli 20 millimetriä.
- Compoundputkelle käytetään V-railoa.

ASME-projekteissa käytettävät railonmuodot materiaalin seinämävahvuuden mukaan ovat:

Konepajassa

- I-railo kun seinämävahvuus on alle 2 millimetriä.
- V-railo kun seinämävahvuus on yli 2 millimetriä mutta alle 10 millimetriä.
- Osaviistetty V-railo kun seinämävahvuus on yli 10 millimetriä mutta alle 12.5 millimetriä.
- Erikois- U-railo (juuressa V-railo) kun seinämävahvuus on yli 12.5 millimetriä.
- V-railo kun kyseessä on compoundputki.
- U-railo kun käytetään TIG-automaattimenetelmää.

Asennuspaikalla:

- I-railo kun seinämävahvuus on alle 2 millimetriä.
- V-railo kun seinämävahvuus on yli 2 millimetriä mutta alle 22.2 millimetriä.
- Osaviistetty V-railo kun seinämävahvuus on yli 22.2 millimetriä.
- Compoundputkelle käytetään V-railoa.

7 LOPPUTULOKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa lähtötietomateriaalia ANDRITZ Oy:n laitesuunnitteluosastolle. Kaikesta aikaansaadusta materiaalista tähän opinnäytetyöhön valittiin 0-pistemittaussuunnitelman kehittäminen, CE-kilpimallin suunnittelu ja putkien päittäisliitosohjekuvien päivittäminen.

Soodakattilan 0-pistemittaussuunnitelman kehitystyön ensimmäisenä tavoitteena oli määrittää ne alueet joissa paksuusmittaus on syytä suorittaa. Tehdyn selvitystyön perusteella nämä alueet saatiin määritettyä. Tämän jälkeen saatiin luotua selkeä ohjekuva 0-pistemittausta varten. Ohjekuvan lisäksi tehtiin myös Excel-pohjainen mittauspöytäkirja, johon saadut mittaustulokset voidaan tallentaa. Koska 0-pistemittaussuunnitelma on aina projektikohtainen, ei yhtä kaikkiin projekteihin käypää mittaussuunnitelmaa pystytä tekemään. Opinnäytetyön aikana toteutettiin 0-pistemittaussuunnitelma kahteen eri soodakattilaprojektiin. Näitä kyseisiä mittaussuunnitelmia voidaan jatkossa hyödyntää esimerkkeinä, kun joudutaan toteuttamaan uusia 0-pistemittaussuunnitelmia.

Soodakattilan CE-kilpimallin suunnitteleminen aloitettiin selvittämällä se, mitä tietoja kyseisen kilven tulee sisältää. Selvitystyön tulosten perusteella luotiin kilpimalli, joka hyväksyttiin ilmoitetulla laitoksella. Jatkossa kilpimallia voidaan hyödyntää EU-alueelle tulevilla projekteilla. Ensimmäiseksi valitaan halutulla kielellä oleva kilpi, johon kyseessä olevan projektin tiedot/arvot lisätään. Tämän jälkeen kilpimalli voidaan lähettää tarkastettavaksi ilmoitetulle laitokselle.

Päittäisliitosohjekuvien päivitys toteutettiin sekä EN- että ASME-projekteissa käytettävien kuvien osalta. Ohjekuviin lisättiin uusia tarpeellisia detaljikuvia koskien mm. compoundputkien päittäisliitoksia sekä TIG-automaattimenetelmällä tehtäviä liitoksia. Lisäksi detaljeista poistettiin erilaisia virheitä mm. hitsausmerkkien osalta. Myös annettuja viistearvoja korjattiin EN- ja ASME standardien mukaisiksi. Jatkossa päivitettyjä päittäisliitosten ohjekuvia voidaan hyödyntää mm. painerungon ja korkeapaineputkiston valmistuskuvissa.

Kokonaisuutena tämä opinnäytetyö oli erittäin mielenkiintoinen. Työ oli myös hyvin monipuolinen johtuen useasta siihen kuuluneesta eri osa-alueesta. Työlle asetetut tavoitteet saatiin toteutettua sovitusti, joskin työn sisältö muuttui hieman matkan varrella.

LÄHTEET

ANDRITZ Oy Intranet. Sisäinen tietokanta [Viitattu 26.11.2012].

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 29.5.1997/23/EY.

ESAB, Hitsausmenetelmät [Viitattu 3.4.2013]. Saatavissa:

<http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes.cfm>

Kauppa – ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta N:o 953. 1999 [viitattu 5.3.2013]. Saatavissa: www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990953

KnowPulp. Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. Versio 10.0 [Intranet-versio].

Lehtinen, M. 2009. Soodakattilat peruskurssi opetusmateriaali. Varkaus: ANDRITZ Oy.

Paineastiasta painelaitteeksi - säädökset muuttuvat. 2000. Kunnossapito Lehti nro.3

Pynnönen, P. 2012. Iggesund RB, Inspections during annual shutdown plan. Varkaus: ANDRITZ Oy.

SFS 3052 1995. Hitsaussanasto. Yleistermit. 5. Painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 9692-1 2004. Hitsaus ja sen lähiprosessit. Railomuotosuositukset. Osa 1: Terästen puikko-, metallikaasukaari-, kaasuhitsaus, TIG- ja sädehitsaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 22553 1994. Hitsausliitokset ja juotokset. Merkinnät piirustuksiin. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Turvatekniikan keskus TUKES. Painelaiteopas. [Viitattu 11.3.2013]. Saatavissa:

www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_oppaat/painelaiteopas.pdf